

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

03/2008

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ТЕМА НОМЕРА:

ГАЛЕРЕЯ НОВИНОК:

РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

О сертификации программных продуктов
Состояние и перспективы применения невзрывных
источников сейсмических колебаний
Электродинамические сейсмоприемники в российской геофизике

Телеметрические системы XZone® для сейсморазведки без границ

XZone® Bottom Fish - на акваториях



XZone® Marsh Line - в транзитных зонах



XZone® Fly Lander - на суше



■ Колонка редактора

Продолжение следует...

П.А. Турлов 4

● **Тема номера: Галерея новинок: разработки российских приборостроителей**

■ Мои университеты

Невзрывное возбуждение колебаний в наземной сейсморазведке: состояние и перспективы

Шнеерсон М.Б., Жуков А.П. 5

Электродинамические сейсмоприёмники в российской геофизике

Рыжов А.В. 11

■ Наш гость

Можно ли разрушать, не создавая?

Савостьянов Н.А. 17

■ Галерея новинок

К эффективности через сотрудничество
Спицын В.И. 10

Телеметрическая сейсморазведочная станция SGD SET для инженерных геофизических исследований

Золотарёв В.Н., Ревунов А.Б., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П. 21

Тестер ССВ-2

Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г. 24

"Прогресс-Т2" — система живет, система развивается

Бескоровайный В.Л., Гнатюк А.И., Одинокоев Н.В., Тарасов Н.В., Цукерман И.Б. 30

■ Приборы и системы

Опыт применения системы XZone® Marsh Line при 2D и 3D технологиях сейсмических исследований на предельном мелководье транзитных зон
Жгенти С.А., Запорожец Б.В. 32

DigiSTREAMER: Новая система сбора морских сейсмических данных, не имеющая аналогов
Д. Кункельман и М. Бернхэм 37

Измерение пористости горных пород в методе акустического каротажа
Гик Л.Д. 42

Опыт применения геофизической аппаратуры нового поколения при инженерно-геологических изысканиях
Савельев Д.М., Горячев В.В., Бучарский Б.В. 48

О возможности повышения сейсмической эффективности механических сейсмоисточников ударного типа
Ивашин В.В. 50

■ Геофизические технологии

Опыт применения пневмоисточников сейсмических колебаний серии «Альт» для изучения строения ВЧР
Сидоренко П.Ф., Глазков А.М., Глазков М.А., Болдырева Т.Н. 40

■ Сертификация

Практика сертификации программ обработки и интерпретации результатов геофизических исследований
Блюменцев А.М., Цирульников В.П., Симаков В.С. 53



СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор
Турлов П.А.
Выпускающий редактор
Кузнецов И.М.
Менеджер проекта
Мокроусова Е.И.
Верстка
Коваленко В.А.
Обложка и оформление
Мокроусов Д.В.
Адрес редакции:
Россия, 410019, г. Саратов,
ул. Крайняя, 129
E-mail: turlov@skbp.ru
Тел: (845-2) 64-14-32
Факс: (845-2) 64-14-32
Тираж отпечатан
в типографии
ООО "Правильный выпуск"
тел: (845-2) 60-07-07
Тираж: 600 экз.
Подписано в печать 20.08.08
Дата выпуска: 01.09.08
Заказ № 456

Издание зарегистрировано в
Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания и
средств массовых коммуни-
кации за номером ПИ №77-
7906 от 27.04.2001 г.

От редколлегии
Ответственность за подбор и
изложение фактов в статьях
несут авторы. Редколлегия
может публиковать статьи, не
разделяя точки зрения
авторов.

Продолжение следует...

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

Не замечал ли ты, дорогой читатель, что иногда при движении вперед вдруг возникает желание остановиться и оглядеться, чтобы убедиться в правильности выбранного направления движения. И это понятно. Как сказал один умный человек, кажется Oliver Holmes, : - «Не так важно, где мы находимся», значительно важнее – в каком направлении мы движемся». А уж для того, кто хочет понять, куда же движется геофизическое приборостроение, лучшего помощника, чем наш журнал, не найти. Так что, дорогой читатель, остановись, располагайся поудобнее и полистай этот номер журнала. Особое внимание удели вновь введенной рубрике «Галерея новинок».

Хочется надеяться, что рубрика эта вызовет интерес у читателей, а значит, появятся деловые предложения по ее формированию. В этом номере мы отводим на каждое изделие новой техники всего лишь одну страницу. Возможно этого мало, но нам кажется, что в журнале достаточно других рубрик (например ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ и др.), где авторы могут изложить свои взгляды на принципы конструирования, идеологию применения, пользовательский интерфейс того или иного прибора. Во всяком случае, все позитивные предложения читателей будут обязательно рассмотрены редакцией.

Ситуация по сбору материалов (этот этап ограничен тремя месяцами) случилась затруднительной. Присланного оказалось значительно больше, чем может вместить один выпуск журнала. Поэтому данный номер журнала завершается фразой «Продолжение следует...». Так что с темой этого номера журнала читатели встретятся еще раз в четвертом, декабрьском выпуске.

По традиции информирую потенциальных авторов о предлагаемых темах будущих выпусков журнала.

- «ЯРМАРКА ВАКАНСИЙ», где планируется предоставить журнальную трибуну представителям научных школ, геофизических компаний, приборостроителям – работодателям, а также тем, кто собирается устраиваться на работу. Обсудим пути решения проблемы кадрового голода.
- «ПОЛЕВОЙ СЕЗОН», где вниманию читателей будут предложены материалы не только об основных компонентах полевого аппаратного комплекса – регистраторах, источниках волновых полей и сейсмодатчиках, но и о вспомогательном оборудовании, контрольно-диагностической аппаратуре, средствах связи на профиле, прочих аксессуарах, обеспечивающих эффективную и комфортную деятельность персонала, выполняющего геофизические исследования.

И последняя новость. В ближайшие дни редакция открывает сайт журнала по адресу www.prgf.ru, где встречи геофизиков – единомышленников будут более частыми. Информация – анонсная, хроникальная, техническая и прочая, будет доставляться читателю более оперативно. Хочу сразу заметить, что данный сайт не станет электронной версией журнала, а будет лишь путеводителем по архивным и будущим выпускам журнала «Приборы и системы разведочной геофизики».

До новых встреч, дорогие читатели, на сайте и на журнальных страницах!

Всегда Ваш
Главный редактор

П.А. Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



Геофизические системы данных

ВНИГЕОФИЗИКА

ООО "ВИАИ"



Сиб Геофиз Прибор



СКС СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



ИНГЕОКОМ

ЗАО "ИПЗП"



ЗАО ГК "Дельталот"



Невзрывное возбуждение колебаний в наземной сейсморазведке: состояние и перспективы

Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., ООО «Геофизические системы данных», г. Москва

Сейсморазведка начинается с возбуждения колебаний, которое приводит к образованию в среде волнового поля, регистрируемого на поверхности или в скважинах. Вопросам возбуждения колебаний посвящено значительное число работ, тем не менее, целесообразно остановиться на некоторых важных вопросах, определяющих характер протекающих процессов и особенности генерируемых волн.

Для возбуждения волнового процесса необходимо приложить к среде внешнюю нагрузку, которая может носить импульсный, вибрационный или вибро-импульсный (кодо-импульсный) характер. Вибро-импульсное возбуждение представляет собой последовательность коротких однополярных или разнополярных импульсов, следующих друг за другом с небольшими переменными или постоянными временными интервалами. В сейсморазведке этот вид возбуждения сейчас практически не применяется, хотя и имеет определенные преимущества по сравнению с двумя другими направлениями невзрывного генерирования волн.

Под действием внешней нагрузки точки среды выходят из положения равновесия и в ней возникает и начинает распространяться волновой процесс, который приводит к образованию отраженных, преломленных и других волн, используемых различными методами сейсморазведки для решения региональных, поисковых и разведочных задач.

Внешние нагрузки передаются среде рабочим элементом, которым для наземного излучателя является жесткая металлическая плита, а для скважинного – ударник или какое-либо другое устройство, воздействующее на стенки скважины. Во всех случаях геометрические размеры одиночных излучающих элементов невзрывных установок во много раз меньше длин возбуждаемых волн, что позволяет относить их к разряду точечных источников колебаний и представлять их точечной силой, действующей на поверхности или в скважине. Характеристики направленности таких источников имеют сравнительно простые формы, определяемые типом возбуждаемых волн и условиями приложения нагрузок (скважина, поверхность). Одновременная работа нескольких единичных источников на определенной базе приводит к тому, что их совокупные геометрические размеры становятся сопоставимыми с длинами генерируемых волн, вследствие чего характеристика направленности группы излучателей трансформируется и на ней появляются области основного, промежуточных и побочного максимумов, что позволяет направленно усиливать полезные и ослаблять мешающие волны в зависимости от их кажущихся скоростей и частотного состава.

При приложении нагрузок к точкам среды в ней возникают силы противодействия, основные из которых следующие:

- силы инерции, препятствующие смещению материальных точек среды и равные произведению массы выводимого из равновесия объема пород на его ускорение;
- силы упругого восстановления, которые определяются коэффициентом упругости пород, умноженным на величину смещения выведенного из равновесия объема пород;

- силы вязкого сопротивления, расходуемые на возбуждение волн и равные произведению коэффициента неупругого сопротивления на скорость смещения объема пород.

Определив действующие при возбуждении колебаний силы, можно составить дифференциальное уравнение движения точек среды, выведенных из положения равновесия:

$$M\ddot{u} + G\dot{u} + Cu = F(t), \quad (1)$$

где M - масса выведенного из равновесия объема пород (т.н. присоединенная масса грунта); G - коэффициент неупругого сопротивления пород; C - величина пропорциональная коэффициенту упругости пород; $\ddot{u}$, $\dot{u}$, u - ускорение, скорость и смещение объема пород, соответственно; $F(t)$ - внешняя сила.

Поделив обе части уравнения (1) на M , получим каноническое уравнение движения, широко используемое при описании колебательных механических систем:

$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = \frac{F(t)}{M}, \quad (2)$$

где $2h = \frac{G}{M}$ - затухание, $n = \sqrt{\frac{C}{M}}$ - собственная частота колебаний системы.

Решение уравнения (2) определяется характером внешней нагрузки.

При импульсном возбуждении, при котором время действия силы $F(t)$ существенно меньше периода возбуждаемых колебаний (стремится к нулю), уравнение (2) преобразуется к виду:

$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = 0, \quad (3)$$

Точки среды при этом совершают собственные колебания с частотой n , которая определяется массой и упругими свойствами присоединенного объема грунта. На этой частоте смещения частиц пород будут наибольшими и возбуждаемые колебания будут иметь резонансные амплитудно-частотные характеристики с максимумами на частоте собственных колебаний. Применительно к сейсморазведке этот результат важен тем, что он позволяет объяснить наблюдаемую качественную зависимость, по которой с увеличением энергетического (силового) параметра источника понижается частота возбуждаемых волн. Действительно, чем более мощный источник, тем больший объем пород выводится им из положения равновесия и тем ниже частоты собственных колебаний и, как следствие, возбуждаемых и регистрируемых волн. Эта зависимость подтверждена многочисленными экспериментальными данными и достаточно широко используется на практике.

При вибрационном возбуждении колебаний к точкам среды прикладываются переменные во времени квазигармонические нагрузки, время действия которых во много раз превышает периоды волн в импульсной сейсморазведке. Под их действием точки среды выходят из положения равновесия и начинают совершать вынужденные колебательные движения в соответствии с характером внешней нагрузки. При квазигармонических внешних нагрузках уравнение (2) преобразуется к виду:



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ



$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = F \cdot \frac{\sin[\omega(t)t]}{M}, \quad (4)$$

где $\omega(t)$ - текущее значение частоты, изменяющейся в процессе излучения колебаний.

В соответствии с (4) точки среды совершают вынужденные колебания, которые в вибрационной сейсморазведке носят квазисинусоидальный характер. На частоте $\omega = \eta$ будет наблюдаться резонанс - максимум амплитуд волн, величина которого определяется параметрами излучателя и среды. Как и при импульсном возбуждении, с увеличением силовых характеристик вибратора возрастает масса присоединенного объема грунта, что приводит к возбуждению более низкочастотных колебаний. Это положение также находит практическое подтверждение. С этих позиций стремление к увеличению силовых параметров вибраторов, что наблюдается в последнее время, не всегда оправдано.

После освещения общих положений возбуждения колебаний рассмотрим более детально способы генерирования волн в сейсморазведке.

Вибрационное возбуждение колебаний

Возбуждение колебаний производится путем приложения к поверхности земли переменных по частоте и значительных по длительности квазигармонических нагрузок с заданными параметрами, развиваемых специальными гидравлическими самоходными установками - вибраторами. В этом принципиальное отличие вибрационной сейсморазведки от импульсной. Электрический аналог квазигармонической нагрузки получил название «управляющего» или «сви́п» сигнала.

Основу всех используемых в сейсморазведке вибраторов составляет вибровозбудитель - гидравлический цилиндр двойного действия с поршнем, установленным в его середине. Поршень соединен с плитой, прижимаемой к поверхности земли весом транспортного средства, для создания положительных и отрицательных нагрузок. При подаче под давлением масла в пространство над и под поршнем создается внешняя сила, которая определяется произведением давления в полостях на площадь активной поверхности поршня. Эта сила получила название «пиковой», и она является одной из основных характеристик вибраторов. Вибрационные источники колебаний, сохраняя единый принцип действия, выпускаются несколькими отечественными и зарубежными фирмами с широким набором характеристик и специальных устройств для управления и контроля за их работой [3,5,7].

Основные из них следующие:

- пиковая сила - от 1.000 кг у «минивибраторов» до 25.000 - 30.000 кг и даже 40.000 кг у средних и самых мощных «разведочных» вибраторов; во всех случаях плита прижимается к поверхности грунта с усилием, превышающим величину пиковой силы с тем, чтобы исключить отрыв плиты от поверхности грунта;
- частотный диапазон возбуждаемых волн от 5 до 250 Гц (по проспектам), фактически от 5 - 10 Гц до 120 - 150 Гц; «минивибраторы» способны развивать усилия с частотой до 350 - 400 Гц;
- рабочие удельные нагрузки на грунт не превышают 1,5 - 2,0 кг/см², и они лежат в пределах упругих деформаций большинства грунтов;
- транспортная база, на которой размещен вибратор, может быть трех видов: автомобиль повышенной проходимости, специаль-

ное самоходное шасси (багги) с гидроприводом на движители (колеса) и вибровозбудитель и снегоболотоход (разновидность трактора) для работ в северных и пустынных районах;

- системы управления и контроля обеспечивают синхронный запуск установок, возбуждение различных управляющих сигналов (линейные частотно-модулированные сигналы с разверткой по частоте вверх и вниз, нелинейные частотно-модулированные сигналы, псевдослучайные сигналы для работ в городах и населенных пунктах вблизи зданий и сооружений и некоторые другие сигналы), текущий контроль за техническим состоянием вибраторов и параметрами возбуждаемых колебаний с передачей полученных данных на сейсмостанцию.

Парк выпускаемых промышленностью вибраторов достаточно разнообразен, что позволяет в соответствии с задачами и условиями работ выбрать установки, характеристики которых в наибольшей степени удовлетворяют требованиям заказчика и исполнителя работ.

Ограниченные усилия, развиваемые вибраторами, и приложение нагрузок к поверхности земли приводит к тому, что уровень возбуждаемых полезных волн оказывается относительно небольшим, а частотный состав пониженным из-за двойного прохождения волн в зоне малых скоростей и частотно-зависимого поглощения. Для повышения отношения сигнал/помеха и компенсации повышенного поглощения высоких частот в арсенале вибрационной сейсморазведки имеется комплекс технических и методических средств, успешно применяемый при проведении полевых работ [3,4,5,7]. Рассмотрим основные из них и сделаем краткие к ним комментарии.

Параметры управляющих сигналов определяются минимальной и максимальной частотами или его длительностью, или их производными (средняя и разностная частоты, а также скоростью изменения частоты, которая может быть постоянной (линейные частотно-модулированные сигналы) или переменной (нелинейные сигналы)).

Из общей теории вибрационной сейсморазведки следует, что для достижения хорошо разрешенных и динамически выраженных записей следует стремиться применять широкополосные сигналы с максимально возможной средней частотой и отношением максимальных частот к минимальным не меньше четырех.

Минимальная частота управляющего сигнала во многом определяет глубину разведки, которая возрастает по мере ее уменьшения. В этой связи, естественно стремление применять низкочастотные управляющие сигналы. Однако оно ограничено следующими факторами: большие перемещения поршня относительно инерционной массы, повышенные нагрузки на гидросистему излучателя и, как следствие, неустойчивая работа большинства вибраторов на частотах ниже 5-6 Гц, высокий уровень поверхностных волн и необходимость согласования минимальной частоты сигнала с собственной частотой используемых сейсмоприемников. В силу этих причин минимальная частота развертки соотносится с собственной частотой сейсмоприемников, отличаясь от нее на $\pm (2 - 3)$ Гц. Поэтому при использовании 10-ти герцовых приборов минимальную частоту развертки выбирают в пределах 8-12 Гц. При очень высоком уровне поверхностных, низкочастотных волн приходится в ряде случаев увеличивать минимальную частоту до 15 и даже 20 Гц. Отметим, что с появлением



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ

24-х разрядных станций, имеющих большой динамический диапазон, подавление поверхностных может быть реализовано на ВЦ. В [5] отмечается, что смещение минимальной частоты развертки в область 6-8 Гц позволило заметно повысить качество глубоких целевых отражений при работах в одном из районов Западной Сибири на дорогах с грунтовым покрытием.

Максимальная частота сигнала определяет потенциальную разрешающую способность метода, и поэтому естественно стремление к ее увеличению. Однако, реализация этой возможности ограничивается конструктивными параметрами вибраторов и интенсивным поглощением высокочастотных составляющих отраженных волн, которое приводит к снижению уровня регистрируемых целевых волн. Поэтому выбор максимальной частоты развертки проводят по материалам опытных работ на основании спектрального анализа зарегистрированных волн. Во всех случаях она должна быть меньше правого среза фильтра зеркальных частот.

Повсеместно частотный диапазон сигнала-развертки выбирают в полосе от 8-12 до 90-120 Гц. При этом на этапе опытных работ, как правило, оценивают уровень высоких частот в спектре целевых волн с тем, чтобы исключить неэффективную работу вибраторов на повышенных частотах и обосновать целесообразность применения нелинейных разверток для насыщения разреза волнами требуемой частоты. В этом плане заслуживают внимания результаты, полученные в Саматлоре [5]. Спектральный анализ волновых полей показал, что уровень полезных волн на частотах 60-75 Гц невелик. Но сохранение их в полосе частот управляющего сигнала позволило получить лучшие результаты по сравнению с теми, которые наблюдались при сигналах с максимальной частотой 45-50 Гц.

Применение нелинейных разверток позволяет, в определенной степени, компенсировать затухание высоких частот, что очень важно при решении тонких задач. Практика применения нелинейных разверток подтверждает их эффективность, особенно при картировании средних по глубине отражающих горизонтов, в сочетании со специально подобранными управляющими сигналами для снижения уровня «звона» на корелограммах [4]. При работах с нелинейными развертками не следует применять сигналы с большим подъемом высоких частот, т.к. это ухудшает качество корелограмм, делая их более шумными и менее разрешенными.

Длительность управляющих сигналов определяет уровень возбуждаемых волн и отношение сигнал/помеха. С этих позиций целесообразно использовать длительные послы. Однако они редко превышают 12-15 с и всегда существует стремление к их уменьшению. И лишь при региональных работах по изучению фундамента и более глубоких образований используют сигналы длительностью до 30-35с. Ограничения при выборе длительности управляющих сигналов обусловлены следующими причинами: снижение роста отношения сигнал/помеха (он пропорционален корню квадратному от длительности сигнала) и повышение вероятности регистрации интенсивных, ураганных помех. Поэтому при недостаточной интенсивности целевых волн целесообразно увеличивать число одновременно работающих установок, а не длительность управляющего сигнала.

Направление изменения частоты развертки от меньшей к большей (развертка вверх) или наоборот (развертка вниз) теоретически не должно влиять на качество материалов. Однако

на практике оно может быть различным. Обусловлено это тем, что недостаточная длительность управляющего сигнала при развертке вниз может приводить к тому, что образующиеся в процессе возбуждения колебаний нелинейные компоненты волнового поля (гармоники) будут регистрироваться на временах целевых горизонтов и перекрывать их [3]. Для исключения этого эффекта следует либо увеличивать длительность сигнала, либо разворачивать сигнал вверх по частоте. Во втором случае волны-гармоники уходят в отрицательную область времен и не искажают записи целевых волн. По этой причине чаще всего проводят работы с увеличивающимися по частоте сигналами (развертка вверх).

Знание посылаемых в среду сигналов позволяет направленно выбирать их параметры с учетом требуемой разрешенности целевых отраженных волн, особенностей их распространения в реальных средах и условий проведения работ. Эти подходы и возможности повышения эффективности работ реализованы в «адаптивной вибрационной сейсморазведке» [3].

Группирование вибраторов применяют для подавления регулярных помех и повышения отношения сигнал/помеха. Оптимальной является одновременная работа до 4-х, редко 5-ти вибраторов с одной установкой в резерве. Параметры группирования рассчитывают, исходя из кажущихся скоростей и спектрального состава регулярных волн-помех [5,7]. Чаще всего используют равномерные группы источников с ориентацией их по линии возбуждения. При высоком уровне регулярных помех и для их большего подавления применяют неравномерные, трапециевидные группы, которые сравнительно легко реализуются путем смещения вибраторов после одного - двух воздействий на интервал, равный или меньший расстоянию между установками. Определенное применение получили группы, ориентированные под определенным углом к линии возбуждения, которые позволяют снизить уровень боковых волн. Площадные группы нашли ограниченное использование из-за сложности их размещения на местности и увеличения затрат.

Синхронное накопление сигналов используют повсеместно для повышения отношения сигнал/нерегулярная помеха. Число накоплений, как правило, не превышает 10 - 12 из-за неэффективности увеличения числа слагаемых и снижения производительности работ. Поэтому целесообразно на этапе опытных работ выбирать оптимальное число накоплений, при котором еще наблюдается повышение уровня сигналов по отношению к нерегулярным помехам.

Современные вибраторы позволяют менять величину усилия на грунт в диапазоне от 50% до 90% от максимальной, что обеспечивает устойчивую и эффективную работу установок на различных грунтах с минимально возможными искажениями. Из теории и практики невзрывной сейсморазведки [7] следует, что зависимость между усилиями, развиваемыми источниками, и амплитудами возбуждаемых колебаний носит, как правило, нелинейный характер. Это предопределяет целесообразность выбора силового параметра по результатам опытных работ в той области значений, в которой еще наблюдается рост амплитуд отраженных волн без заметного снижения частоты регистрируемых целевых волн. Последнее обусловлено тем, что с увеличением силового воздействия на грунт снижается частота собственных колебаний и резонанса.

Проведение работ с вибрационными источниками колебаний основано на инструменталь-



ном контроле параметров каждого излучателя в группе. Это реализуется с помощью специальных систем контроля, которые позволяют оценивать параметры каждого вибровоздействия от всех излучателей в группе и информировать об этом оператора сейсмостанции, который принимает решение о выводе той или иной установки из группы и направлении ее на ремонт. На ее место ставится запасная установка и процесс отработки профиля или площади продолжается.

Принятая производственная технология проведения работ с вибрационными источниками колебаний предусматривает проведение корреляции виброграмм с электрическим аналогом управляющего сигнала в поле, на сейсмостанции. Прокоррелированные записи (коррелограммы) передаются на вычислительный центр для последующей обработки. Корреляция в поле снижает нагрузку на центр, но ограничивает, в определенной степени, возможности производителя работ по улучшению качества получаемых материалов за счет оптимизации параметров управляющего сигнала, а так же по разработке и применению перспективных технологий вибрационной сейсморазведки. В этой связи отметим появление статьи [8], в которой показана эффективность забытого вибросейсмического отбеливания, заключающегося в применении АРУ до корреляции. Авторы отмечают, что при этом наблюдается расширение спектра отраженных волн, сопровождающееся улучшением их прослеживаемости и повышением отношением сигнал/помеха. Поэтому полезно часть полевых записей, в первую очередь опытных работ, передавать на вычислительные центры в виде виброграмм для оптимизации параметров обработки и возможности развития метода.

Опыт применения вибрационной сейсморазведки при решении различных задач по изучению глубинного строения земной коры, поиску и разведке полезных ископаемых показывает, что практически повсеместно соответствующий выбор технических и методических средств обеспечивает получение качественных, пригодных для обработки полевых материалов. Исключение составляют лишь районы и участки, в пределах которых возникают трудности с передачей нагрузок от плиты вибратора к грунту (болота, непромерзающие зимой топи и др.) и перемещением установок по местности.

Таким образом, на современном уровне развития вибрационная сейсморазведка эффективна, обоснована теоретически и экспериментально и оснащена необходимыми аппаратурой и оборудованием. Естественно, что она будет развиваться и совершенствоваться по мере создания новых и совершенствования существующих технических средств, а также возрастания требований к качеству и полноте получаемых результатов. Можно говорить о двух направлениях этого процесса. Первый – традиционный, в рамках стандартных технологий метода, и второй – нетрадиционный, на основе особенностей метода, знания посылаемых в среду сигналов и корреляционной обработки сигналов.

По первому направлению можно выделить вибрационные источники, разработанные и выпускаемые ЗАО «Геосвип» (установка «Русич» и др.). В данных источниках, а так же в устройствах управления и текущего контроля параметров излучаемых колебаний, реализованы высокие эксплуатационные и технологические характеристики. Определенный интерес представляют зарубежные публикации, в которых расс-

матриваются возможности расширения частотного диапазона вибраторов в сторону высоких и низких частот. В [8, 12] отмечается, что ограничение при возбуждении высоких частот связано с недостаточным частотным диапазоном электрогидравлического преобразователя, изгибами рабочей излучающей плиты и ненадежностью ее контакта с грунтом. Для преодоления этих недостатков предложены новый преобразователь с повышенным числом степеней контроля, позволяющий получить более равномерную амплитудно-частотную характеристику, лишенную резонанса в области высоких частот и более жесткая плита. При проведении регидральных работ, а также при решении ряда разведочных задач возникает необходимость в возбуждении низкочастотных колебаний в полосе частот ниже 6 – 8 Гц. Однако, конструктивные особенности современных вибраторов не обеспечивают их устойчивую работу в этом частотном диапазоне. Эти ограничения связаны с большими перемещениями поршня относительно инерционной массы, отрывом плиты от грунта, повышением уровня гармоник и др. На основе моделирования показано [10], что утяжеление инерционной массы позволяет несколько расширить частотный диапазон вибратора в сторону низких частот. Для возбуждения низких частот вибратор должен иметь увеличенный ход поршня, тяжелую инерционную массу и силу прижима плиты к грунту, исключающую ее отрыв от поверхности земли. В [10] рассмотрены возможности снижения начальной частоты возбуждаемых колебаний на основе оптимизации силового сигнала вибратора и применения переменного по скорости изменения частоты управляющего сигнала. Предложенным решениям было дано название «свип с максимальным смещением», и их реализация позволила повысить уровень излучаемых колебаний на частотах ниже 8-10 Гц без увеличения величины гармоник.

Повышение производительности работ было и остается одной из актуальной задач сейсморазведки. За рубежом она решается путем работы двух и даже трех групп вибраторов на одну расстановку сейсмоприемников, возбуждающих колебания с определенными сдвигами по частот и по времени. В связи с тем, что параметры заданных сигналов известны, их можно разделить при корреляционной обработке зарегистрированных данных [11]. Эта технология получила название «скользящий свип», и она при благоприятных условиях позволяет значительно повысить производительность работ.

Повышение требований к качеству получаемых материалов поставило на повестку дня отказ от группирования источников и приемников колебаний и переход к возбуждению волн в вибрационной сейсморазведке одиночными вибраторами, т.е. без их группирования. В реализации этого направления интерес представляет решение, приведенное в [12]. На основе технологии «скользящий свип» фирма CGGVeritas предложила отказаться от группирования вибраторов и перейти на одноточечное возбуждение колебаний одиночными вибраторами. Для достижения необходимого уровня возбуждаемых колебаний увеличивается длительность свипа до 40 с и число одновременно работающих вибраторов. На профиле работает от восьми до двенадцати установок, которые начинают вибрировать с определенной задержкой во времени, определяемой временем, необходимым для переезда вибратора с одной точки на другую. Отмечено, что три проекта по этой

технологии, выполненные в Египте и Саудовской Аравии, подтвердили перспективность предложенной методики работ, которая при хорошем качестве материалов позволила существенно повысить производительность работ.

Второе направление развития вибрационной сейсморазведки мы связываем со следующими исследованиями [9]: использование нелинейных компонент вибросейсмических волновых полей для получения дополнительной информации о строении среды и прогноза наличия/отсутствия углеводородов в разрезе отложений; применение чисто гармонических колебаний и кодовых импульсных последовательностей в качестве управляющих сигналов.

«Прямые поиски» углеводородов были и остаются одним из актуальных направлений современной геофизики. Несмотря на определенные положительные результаты, эта проблема далека от завершения. Одним из возможных решений этой проблемы является использование нелинейных явлений, возникающих при распространении волн в реальных, многофазных средах-коллекторах месторождений углеводородов, а также при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний. При этом два положения являются основополагающими:

- наличие в пределах месторождений и резервуаров углеводородов областей и участков с нелинейными свойствами;
- образование гармонических составляющих волн (гармоник) при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний. Отсюда следует, что уровень нелинейности нефтегазонасыщенных пород может быть выше, чем у вмещающих отложений, что должно приводить к появлению ряда фундаментальных признаков, характерных только для сред с нелинейными свойствами. А именно:
- взаимодействие, а не интерференция волн различного частотного состава;
- увеличение интенсивности волн с кратными частотами;
- нарушение линейной зависимости между амплитудами излучаемых и регистрируемых колебаний.

Вибрационная сейсморазведка, в силу ее специфических особенностей, позволяет однозначно выделять волны с суммарными и разностными частотами, волны с кратными частотами и контролировать уровень возбуждаемых вибраторами колебаний, что и определяет перспективность этого направления вибрационной сейсморазведки.

Возможность применения чисто гармонических колебаний для целей разведки теоретически и экспериментально доказана, известен алгоритм, обеспечивающий сжатие информации и выделение регулярных волн. Однако практические перспективы этой модификации вибрационной сейсморазведки не ясны. Использование ее позволит упростить конструкцию вибраторов и систему контроля за их работой, повысить уровень подавления волн-помех и оценить возможность выделения в разрезе слоев, резонирующих на разных частотах, что может привести к повышению эффективности вибрационной сейсморазведки.

Важность возвращения к работам по кодовым импульсным последовательностям заключается в том, что некоторые из них позволяют существенно уменьшить уровень корреляционных помех при сжатии виброграмм. Теорети-

чески этот вопрос имеет решение, но его практическая реализация и доведение до промышленного применения требует проведения специальных работ.

Наземная невзрывная сейсморазведка будет развиваться и совершенствоваться. Это веление времени, обусловленное необходимостью решения все более сложных задач по сохранению экологии среды и повышению уровня безопасности работ в условиях урбанизации страны и связанным с этим ограничением применения взрывчатых веществ для возбуждения сейсмических волн. Вопрос в том, как будет происходить этот процесс. Возможно два сценария [9].

Первый – спокойный, который будет основываться на восприятии зарубежных технологий и использовании их в наши геофизические организации.

Второй – интенсивный, который будет предусматривать проведение теоретических, экспериментальных, опытно-методических и конструкторских работ, направленных на развитие и совершенствование отечественной невзрывной сейсморазведки, создание и опробование новых технических средств, технологий и методов. Это направление позволит повысить эффективность метода и приведет к новым решениям и открытиям.

Литература

1. Анкушеев В.В., Гурьев С.В., Резвов В.И., Компания «Геосейс» представляет новый импульсный источник возбуждения «Геотон», в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. № 01(03)/2003, с.11-12
2. Высокоразрешающая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае / Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Ужакин Б.А./ в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики» № 02(02)/ 2002 г., г. Саратов
3. Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки. - М.: ООО «Бизнесцентр», 2000
4. Колосов С.В., Иноземцев А.Н., Потапов О.А. /Устранение «звона» при использовании нелинейных свипов // ЕАГО «Геофизика» №5, 2004
5. Кострыгин Ю.П. Сейсморазведка на сложных сигналах. - г. Тверь: Издательство ГЕРС, 2002. - 416с
6. Смирнов В.П. Электромагнитные источники сейсмических колебаний ряда «Енисей СЭМ, КЭМ», в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. № 01(03)/2003, с.21-25
7. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / Под редакцией М.Б. Шнеерсона. - М. «Издательство Недра», 1998
8. Череповский А.В., Бадейкин А.Н. / в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. 03/2004 г.
9. Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., Настоящее и будущее вибрационной сейсморазведки/ в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики» № 02/ 2007 г., г. Саратов
10. Bagani C. Low-frequency vibroseis data with maximum displacement sweeps/ в сб. «The Leading Edge, Vol. 27, № 5, 2008.
11. Mougnot D. Высокопроизводительный Вибро Сейс / в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. 03/2004 г.
12. V1: Implementation and application of single-vibrator acquisition работ с одним, J.J. Postel, J. Meunier, T.M. Bianchi, R. Taylor/ в сб. «The Leading Edge, Vol. 27, № 5, 2008.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ

К эффективности через сотрудничество

Спицын В.И., ООО «ВИОН», г. Саратов

Вибрационные источники, являясь одним из наиболее сложных и дорогостоящих видов технических устройств, используемых при проведении сейсморазведочных работ, пользуются повышенным и не вполне удовлетворенным спросом на рынке геофизического оборудования. Среди причин подобного положения дел можно назвать следующие:

- длительный срок поставки Виброисточника после оформления заказа, составляющий, как правило, не менее полугода;
- малый срок эксплуатации Виброисточников в российских геофизических компаниях, связанный с низким уровнем сервисного обслуживания и недостаточной квалификацией технического персонала;
- наличие в одной компании в эксплуатации Виброисточников различных типов и заводов-изготовителей, что существенно затрудняет проведение ремонтных и сервисных работ.

Что делать?

Обращайтесь в ООО «ВИОН»! «ВИОН» поможет Вам решить все проблемы, связанные с Вибрационными источниками!

Деятельность «ВИОН» строится по трем основным направлениям:

1. Сборочное производство.

Осуществляет сборку Вибрационных источников с использованием транспортной базы КАМАЗ -63501 и возбудителя вибрации PLS-362 - 27,5 тс, поставляемого компанией ION США.

Сочетание мобильной транспортной базы и успешно эксплуатируемого во всех регионах мира возбудителя вибрации, позволило создать надежный Вибрационный источник с оптимальными параметрами.

Производственная эксплуатация Виброисточников подтвердила их высокие эксплуатационные качества.

2. Сервисный центр.

Предоставляет геофизическим компаниям следующие виды сервисных услуг для любых



типов Виброисточников:

- контроль технических параметров;
- наладка и регулировка;
- диагностика технического состояния;
- проведение всех видов технического обслуживания;
- проведение ремонтов;
- поставка запасных частей;

Все услуги оказываются высококлассными специалистами, имеющими большой опыт работы в области конструирования, производства, сервисного обслуживания и эксплуатации Виброисточников.

3. Учебный центр.

Проводит обучение специалистов по эксплуатации и обслуживанию Виброисточников по следующим программам:

- оператор вибрационной установки;
- инженер-гидравлик по обслуживанию вибрационной установки.

Прошедшим обучение специалистам присваивается соответствующая квалификация и выдается Сертификат компетентности.

Адрес: Россия, 410047, г. Саратов, ул. Танкистов 195, ООО «ВИОН»
Тел./факс: (8452) 66-10-57
E-mail: spitsin@sngf.ru



Электродинамические сейсмоприёмники в российской геофизике

Рыжов А.В., ГФУП "ВНИИГеофизика", г. Москва

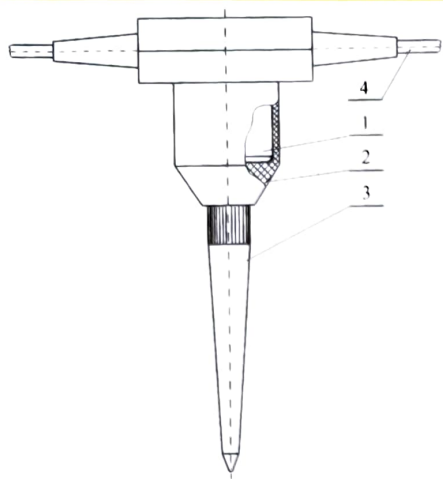


Рисунок 1. Общий вид сейсмоприёмника (пояснения в тексте).

Сейсмоприёмник является основным звеном сейсморегистрирующей системы и в первую очередь от его технических характеристик зависит качество, достоверность и разрешающая способность сейсмической записи. В настоящее время сейсморазведочные работы в основном проводят с использованием электродинамических сейсмоприёмников. Электродинамический принцип преобразования механических колебаний изучаемой среды в электрические сигналы впервые применил в сейсмическом приборостроении Б.Б. Голицын, создав в 1902 году сейсмомер с гальванометрической записью. Применяемый в наземной сейсморазведке современный электродинамический сейсмоприёмник, изображённый на рисунке 1, представляет собой электромеханическую систему, состоящую из преобразователя сейсмоприёмника 1 и корпуса 2 со штырём 3 для соединения с исследуемой средой и выводами 4 для соединения с внешней электрической цепью. Такие свойства электродинамических сейсмоприёмников, как: высокая надёжность в работе, отсутствие источников питания, возможность группирования, достаточная фазовая идентичность, большой динамический диапазон, низкий уровень шумов, небольшие нелинейные искажения, удовлетворительные значения выходных сопротивлений, небольшие массы, большой диапазон рабочих температур - обеспечили их широкое применение на протяжении многих десятилетий.

Электродинамические сейсмоприёмники стали применяться в сейсморазведке со времени её появления в начале двадцатых годов прошлого века. С тех пор они, вслед за улучшением технических характеристик постоянных магнитов, прошли большой путь совершенствования своей конструкции - от прибора с масляным затуханием и массой 15 кг до преобразователя сейсмоприёмника с электромагнитным затуханием и массой менее 0,09 кг. К началу шестидесятых годов усилиями американской фирмы Geo Space преобразователь сейсмоприёмника приобрёл защищённую от внешних электромагнитных полей дифференциальную магнитную систему с двумя воздушными зазорами и постоянным магнитом из сплава Алнико-8. В результате, технические характери-

стики сейсмоприёмника стали удовлетворять наибольшему количеству требований сейсморазведки. Тот факт, что разработанный в то время сейсмоприёмник GS-20DX серийно выпускается и по сей день, свидетельствует о совершенстве его конструкции, технологичности изготовления и достаточно высоком уровне технических характеристик. За это время в США, Канаде, Франции, Китае и в России их изготовлено много десятков миллионов.

Действовавшая в Советском Союзе система по созданию сейсмоприёмников отличалась от американской. Так научные исследования большинства электродинамических сейсмоприёмников и разработка их конструкторской документации выполнялись во ВНИИГеофизике Министерства геологии, а разработка технологической документации, освоение производства и серийное изготовление - на уфимском заводе геофизического приборостроения Министерства приборостроения. Эта система работала довольно успешно и полностью обеспечивала постоянно растущую потребность сейсморазведочных предприятий в сейсмоприёмниках для всех видов сейсморазведочных работ. Например, в последний (1991) год существования СССР уфимским заводом было изготовлено 424300 сейсмоприёмников СВ-20П, СВ-10Ц, СВ1-20ТС. После поражения Советского Союза в холодной войне система была разрушена и, как результат, была утрачена независимость развития отечественного геофизического приборостроения. Производство электродинамических сейсмоприёмников в России теперь принадлежит фирме Geo Space и она заинтересована в выпуске своих GS-20DX, GS-30CT, GS-32CT, а не сейсмоприёмников, разработанных в России.

Преобразователь электродинамического сейсмоприёмника. Главные свойства сейсмоприёмника определяют параметры двух основных звеньев: механического колебательного звена и преобразователя. В электродинамическом сейсмоприёмнике эти звенья объединены в один конструктивно законченный узел - преобразователь сейсмоприёмника. Устройство преобразователя сейсмоприёмника, разработанного во ВНИИГеофизике, показано на рисунке 2.

Магнитная система преобразователя содержит постоянный магнит 1, два полюсных наконечника 2 и 3, магнитопровод 4. Крышки 5 и 6 обеспечивают соосное расположение полюсных наконечников 2 и 3 с магнитопроводом 4.

Механическое колебательное звено преобразователя состоит из инерционного тела - катушки, подвешенной на двух одинаковых пружинах 7 и 8, опирающихся на магнитную систему. В катушку входят каркасы 9 и 10 с обмотками 11 и 12 и соединяющая каркасы гильза 13, выполненная из непроводящего материала. Начала обмоток спаяны между собой, а каждый конец обмотки 11 и 12 припаян к своему каркасу 9 или 10. Электрический контакт каркаса 9 (или 10) с пружиной 7 (или 8) осуществляется через их механическое соединение. Две одинаковые пружины 14 сжимают внутреннее кольцо каждой пружины 7 и 8, обеспечивая надёжный подвижный электрический контакт. Распределение магнитной индукции в воздушном зазоре показано на графике 15.

При относительном перемещении магнитной системы и катушки витки обмоток и каркасов пересекают магнитное поле. В обмотках наводит-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ



Рисунок 2. Преобразователь сейсмоприёмника (пояснения в тексте).

ся ЭДС пропорциональна скорости относительного перемещения. В короткозамкнутых каркасах возникают вихревые токи, препятствующие относительному перемещению катушки и магнитной системы и обеспечивающие затухание свободных колебаний. Обмотки, движущиеся в магнитном поле, являются электродинамическими преобразователями. Обмотки имеют равное количество витков, намотаны встречно и соединены последовательно. ЭДС, возникающие в обмотках при колебаниях сейсмоприёмника, суммируются, а помехи, наводимые внешними переменными электромагнитными полями, вычитаются.

Конструктивные параметры преобразователя имеют обозначения: Δ – длина воздушного зазора; a_1 – зазор между внутренней поверхностью каркаса катушки и поверхностью полюсного наконечника; a_2 – зазор между наружной поверхностью катушки и внутренней поверхностью магнитопровода; D и L – диаметр и длина постоянного магнита; L_r и L_0 – высота и длина обмотки; L_{Π} – длина полюсного наконечника; L_T – толщина стенки полюсного наконечника; B_M – максимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре.

Сейсмоприёмники, изготавливаемые в России до 1992 года, были разработаны на основе методики графоаналитического расчёта [16]. Данная методика требует большого количества экспериментальных исследований, связанных с подбором оптимальной нагрузки выбранного постоянного магнита. При этом оптимальной является нагрузка, при которой длина воздушного зазора магнитной системы позволяет получить максимальное произведение средней магнитной индукции в воздушном зазоре на корень квадратный из используемого объёма воздушного зазора при наименьшем его размере. Такой критерий оценки длины воздушного зазора не учитывает влияние на выбор оптимальных размеров воздушного зазора магнитной системы заданной степени затухания преобразователя сейсмоприёмника и отклонений значений магнитных параметров постоянных магнитов.

В отечественной литературе известен аналитический способ расчёта и проектирования магнитных систем с постоянными магнитами для магнитоэлектрических приборов [2], позволяющий получать заданное значение магнитной индукции в воздушном зазоре. Но получение расчётной индукции в воздушном зазоре не позволя-

ет вычислить оптимальные геометрические размеры сейсмоприёмника и его наибольший коэффициент преобразования для заданных параметров сейсмоприёмника и постоянного магнита.

Во ВНИИГеофизике разработан новый способ расчёта конструктивных параметров электродинамического преобразователя [8], позволяющий получить в магнитной системе его преобразователя воздушный зазор с оптимальными размерами, обеспечивающими наибольший коэффициент преобразования для заданных исходных параметров (частота свободных колебаний, степень затухания, сопротивление обмотки) и выбранных параметров постоянного магнита (диаметр, длина и материал сплава). Уравнение для расчёта длины воздушного зазора имеет вид:

$$\Delta = \sqrt[3]{\frac{a}{f_0 \beta_2 \rho_2 \delta} \cdot H^2 L^2 \cdot \frac{\mu_0 q}{16\pi} + \frac{a}{3}}, \quad (1)$$

где Δ – длина воздушного зазора; $a = (a_1 + a_2)/2$; a_1 и a_2 – определены в пояснениях к рисунку 2; f_0 – частота свободных колебаний, β_2 – степень затухания, создаваемого каркасом катушки; H – напряженность магнитного поля в точке, соответствующей максимуму удельной магнитной энергии, отдаваемой магнитом в воздушные зазоры; L – длина постоянного магнита; μ_0 – магнитная проницаемость воздуха; q – коэффициент усреднения квадрата магнитной индукции.

Длина воздушного зазора Δ , рассчитанная по формуле (1), будет оптимальной и обеспечивающей максимально возможный коэффициент преобразования сейсмоприёмника для заданной длины постоянного магнита и выбранной напряженности его магнитного поля, а также при таких заданных параметрах, как: частота свободных колебаний f_0 , степень затухания β_2 , сопротивление обмотки катушки R_1 сейсмоприёмника), выбранный размер зазора a . Зазор a отражает уровень технологии изготовления деталей и качества сборки сейсмоприёмника.

Теория электродинамического сейсмоприёмника. Анализ развития теории сейсмоприёмников изложен в [5]. Современная теория электродинамического сейсмоприёмника с двумя воздушными зазорами в магнитной системе дана в [7]. В соответствии с ней передаточная функция сейсмоприёмника является произведением передаточных функций: преобразователя, механического колебательного звена, высокочастотного формирующего апериодического звена, созданного индуктивными связями, и выражается формулой:

$$W(p) = \frac{U_{\text{вых}}}{\dot{x}_k} = \left(\pm K_{\Pi} \cdot \frac{R_{\text{ш}}}{R_1 + R_{\text{ш}}} \right) \cdot \frac{\tau_0^2 p^2}{\tau_0^2 p^2 + 2\beta\tau_0 p + 1} \cdot \frac{2\tau_2 p + 1}{(\tau_1 + \tau_2) p + 1}, \quad (2)$$

где $U_{\text{вых}}$ – сигнал на выходе сейсмоприёмника, $\dot{x}_k$ – скорость перемещения корпуса, K_{Π} – коэффициент преобразования электродинамического преобразователя, $R_{\text{ш}}$ – сопротивление шунта, R_1 – сопротивление обмотки, $\tau_0 = 1/\omega_0$ – постоянная времени механического колебательного звена, β – степень затухания; $\omega_0 = 2\pi f_0$ – круговая частота свободных колебаний, f_0 – частота свободных колебаний, $\tau_1 = L_1/(R + R_{\text{ш}})$ – постоянная времени обмотки, L_1 – индуктивность

обмотки, $\tau_2 = L_2 / R_2$ – постоянная времени каркаса катушки, L_2 и R_{III} – индуктивность и сопротивление каркаса.

Передаточная функция преобразователя сейсмоприёмника заключена в скобки и представляет собой произведение коэффициента преобразования и делителя, состоящего из сопротивлений обмотки и шунта. Передаточная функция неинвертирующего преобразователя будет иметь положительный знак, а инвертирующего – отрицательный знак.

Разрешающая способность сейсмоприёмника зависит от согласованности его АЧХ со спектром сейсмического сигнала, его динамического диапазона и спектральной плотности шума.

Согласованность АЧХ сейсмоприёмника со спектром сейсмического сигнала. В наземной сейсмозаписке видимая частота колебаний сейсмического сигнала зависит от свойств исследуемой геологической среды и находится в пределах от 10 до 80 Гц [3, 4, 17]. На рисунке 3 показаны спектры сейсмических сигналов, представленных в форме импульса Риккера, его интеграла и производной с частотами 10 и 80 Гц. Амплитуда спектра на каждой частоте имеет максимальное значение на видимой частоте и убывает как с понижением, так и с повышением частоты. Для приёма сейсмических сигналов без искажений в указанных пределах видимых частот, АЧХ сейсмоприёмника должна иметь вид полосового фильтра с частотным диапазоном от 10 до 80 Гц и с крутизной фронтов, совпадающей с крутизной фронтов спектров крайних частот. И от того, чему пропорционально выходное напряжение сейсмоприёмника – смещению сейсмической волны, скорости смещения или ускорению смещения – зависит требуемая ширина частотного диапазона АЧХ согласованного фильтра. Для смещения сейсмической волны частотный диапазон АЧХ этого фильтра сдвинут в низкие частоты, для скорости смещения – в высокие, а для ускорения смещения – расположен посередине. В [17] установлено, что уменьшение частотного диапазона фильтра сверх необходимого как со стороны низких, так и со стороны высоких частот, а также увеличение крутизны фронтов фильтра, приводит к искажению сигнала и увеличению его длительности. Расширение же частотного диапазона сверх необходимого увеличивает уровень шума.

У электродинамического сейсмоприёмника выходной сигнал пропорционален скорости смещения сейсмической волны и он дифференцирует (усиливает пропорционально увеличению частоты) смещение сейсмической волны, а ускорение сейсмической волны – интегрирует (ослабляет обратно пропорционально увеличению частоты). В [17] недостаточная разрешающая способность сейсмозаписки связывается с ослаблением высокочастотных составляющих в сейсмических колебаниях, воспринимаемых электродинамическими сейсмоприёмниками. На уменьшение доли высоких частот влияют такие причины, как: ограничения, связанные с генерированием этих частот взрывными и невзрывными источниками; группирование источников и сейсмоприёмников; интерференция многократных волн в тонких слоях геологических сред; низкочастотный фильтр с граничной частотой, зависящей от свойств грунта, состоящий из сейсмоприёмника, присоединённой массы грунта и контакта между ними. В [3, 4, 17] к этим причинам добавлена ещё одна, связанная с якобы частотно-зависимым (6 дБ на октаву) поглощением сейсмического сигнала геологической средой. Но, как показано в статье [10], такой вывод сделан на основании

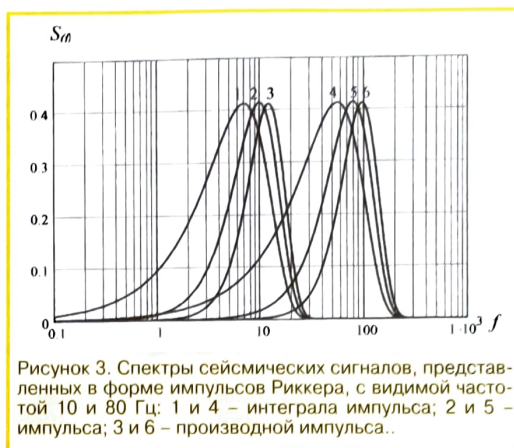


Рисунок 3. Спектры сейсмических сигналов, представленных в форме импульсов Риккера, с видимой частотой 10 и 80 Гц: 1 и 4 – интеграла импульса; 2 и 5 – импульса; 3 и 6 – производной импульса..

результатов полевых работ, проведённых с электродинамическими сейсмоприёмниками скорости, уменьшающими амплитуды сейсмических сигналов обратно пропорционально увеличению частоты.

Рекомендация по увеличению разрешающей способности сейсмозаписки дана в [17]: "Чтобы добиться более высокой разрешенности, нужно расширить полосу пропускания в сторону высоких частот, поскольку как вертикальная, так и горизонтальная разрешающая способность определяются высокочастотными компонентами". Там же, для увеличения разрешающей способности рекомендованы к применению дорогостоящие акселерометры. Пояснения к этой рекомендации дано позднее в [14]: "если вибратор развивает квазигармонические силовые нагрузки постоянной амплитуды, то скорость перемещения частиц упругой среды будет убывать с ростом частоты. С этих позиций электродинамический сейсмоприёмник уже не является оптимальным, так как он приводит к закономерному уменьшению амплитуд волн с ростом частоты по линейному закону". Вывод подтверждён практикой работ, проводимых с вибрационными источниками. В 2005 году были проведены теоретические исследования дискретной модели упругой среды [10]. В результате этих исследований была вычислена передаточная функция такой модели. На основании полученной передаточной функции сделан вывод о том, что сила, возбуждённая сейсмическим источником, передаётся в сейсмогеологической среде со скоростью, определяемой волновым уравнением, и, достигнув сейсмоприёмника, приводит его корпус в движение с ускорением, пропорциональным воздействию силы источника. Для входных сигналов, пропорциональных ускорениям смещений сейсмических волн в изучаемой среде, АЧХ оптимального сейсмоприёмника в рабочем диапазоне частот должна быть параллельна оси частот, АЧХ же электродинамического сейсмоприёмника скорости с передаточной функцией (2) в виде равнобедренного треугольника (рисунок 5) с вершиной на частоте свободных колебаний, имея до и после этой частоты крутизну среза 6 дБ на октаву, снижает уровень как низкочастотных, так и высокочастотных составляющих сейсмического сигнала и, тем самым, уменьшает потенциальную разрешающую способность принимаемых сейсмических данных.

В электродинамическом сейсмоприёмнике можно обеспечить выходной сигнал, пропорциональный ускорению колебаний. Любой сейсмоприёмник со степенью затухания более единицы приобретает свойства сейсмоприём-



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

ника ускорений в частотном диапазоне тем более широком, чем больше степень затухания. Впервые электродинамический сейсмометр ускорений ОСП-2 был создан сотрудником Института Физики Земли Токмаковым В.А. В 1972 г. Токмаков В.А. разработал теоретические основы работы ОСП-2 в частотном диапазоне от долей до первых единиц Герц и получил соотношение для расчёта параметров такого сейсмометра [13]. Из-за увеличения индуктивной связи между каркасом и обмоткой катушки в частотном диапазоне сейсмических сигналов от единиц до первых сотен Герц эти соотношения не могут быть использованы для расчёта сейсмоприёмника ускорений.

В обычном сейсмоприёмнике степень затухания не превышает 0,7. Если степень затухания увеличить до значения, превышающего единицу, то множитель $(\tau_0^2 p^2 + 2\beta\tau_0 p + 1)$ знаменателя передаточной функции электродинамического сейсмоприёмника в формуле (2) вырождается в произведение передаточных функций двух аperiодических звеньев:

$$\left((1 + \sqrt{1 - 1/\beta^2}) \beta\tau_0 p + 1 \right) \cdot \left((1 - \sqrt{1 - 1/\beta^2}) \beta\tau_0 p + 1 \right).$$

Так как $1/\beta^2$ значительно меньше единицы, то, воспользовавшись известным упрощением: $\sqrt{1+x} \approx 1+x/2$, когда $x \ll 1$, получим:

$$(2\beta\tau_0 p + 1) ((\tau_0/2\beta)p + 1).$$

Подставив это выражение в (2) и приняв сопротивление шунта равным бесконечности, найдём:

$$W(p) = \frac{K_{\text{п}} \tau_0^2 p^2}{(2\beta\tau_0 p + 1)} \cdot \frac{1}{(\tau_0 p/2\beta + 1)} \cdot \frac{2\tau_2 p + 1}{\tau_2 p + 1} \quad (3)$$

Сигнал на выходе такого сейсмоприёмника в частотном диапазоне от нижней частоты частотного диапазона $\omega_H = 1/2\beta\tau_0 = \omega_0/2\beta$ до его верхней частоты $\omega_B = 2\beta/\tau_0 = 2\beta\omega_0$ пропорционален второй производной перемещения корпуса сейсмоприёмника. Этот частотный диапазон D_ω будет выражаться формулой:

$$D_\omega = \frac{\omega_B}{\omega_H} = \frac{\omega_0 2\beta}{\omega_0/2\beta} = 4\beta^2. \quad (4)$$

Сейсмоприёмник с частотой свободных колебаний 25 Гц и степенью затухания 5 будет иметь частотный диапазон от 2,5 до 250 Гц. Такой частотный диапазон соответствует требованиям, предъявляемым к сейсмическому каналу записи в [17]. В сравнении с сейсмоприёмником скорости, сейсмоприёмник с участком АЧХ пропорциональным ускорению колебаний в частотном диапазоне от 2,5 до 250 Гц, должен обеспечивать более высокую разрешающую способность. Такой электродинамический сейсмоприёмник ускорений создан во ВНИИГеофизике [12]. Это сейсмоприёмник трехкомпонентных ускорений (СТУ). Расчёт и конструкция преобразователя СТУ рассмотрены в [9]. Электродинамические сейсмоприёмники ускорений стали новым направлением в развитии электродинамических приборов для сейсморазведки. Они обеспечивают наивысшую разрешающую способность сейсмического сигнала, излу-

чаемого источником, так как их выходные сигналы пропорциональны ускорению колебаний среды, а для таких сигналов их АЧХ имеет вид идеального полосового фильтра, согласованного со спектром сейсмического сигнала.

Динамический диапазон сейсмоприёмника Сейсмический сигнал, наблюдаемый на выходе приёмника, осложнён помехой, превышающей полезный сигнал на 40-60 дБ. Если динамический диапазон сейсмического сигнала оценивается некоторыми геофизиками [3, 17] в 100-120 дБ, то вместе с помехой он превышает 160 дБ. Например, если с двумя раза меньше этого значения отношение реальной амплитуды перемещения грунта в 5-10-3 м с частотой 10 Гц вблизи источника возбуждения к измеренной амплитуде перемещения низкого уровня микросейсм 0,1-10-9 м с той же частотой в наиболее тихих местах Земли. Сейсмоприёмник должен иметь динамический диапазон, не меньший, чем сейсмический сигнал.

Спектральная плотность шума сейсмоприёмника. Воспринимаемый сейсмоприёмником наименьший уровень сейсмического сигнала можно найти по его спектральной плотности квадрата ускорений шума (спектральной плотности шума), создаваемой в электродинамическом сейсмоприёмнике механическим колебательным звеном и сопротивлением обмотки. Вводимое в сейсмоприёмник электромагнитное затухание исключает резонанс механического колебательного звена на частоте свободных колебаний, но создаёт его шум со спектральной плотностью, вычисляемой по взятой из [1] формуле, представленной в виде:

$$S_{(f)} = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \frac{a^2}{\Delta f} = 4kT. \quad (5)$$

$$\frac{2\beta \cdot 2\pi f_0}{m} = 16\pi \cdot kT \cdot \frac{\beta f_0}{m}$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/ОК постоянная Больцмана, $T = 300$ ОК абсолютная температура, Δf рабочий частотный диапазон, Гц, β и f_0 определены в формуле (2).

Кроме выраженных формулой (5) шумов от тепловой энергии, создаваемой затуханием, на инерционное тело через демпфер передаются колебания корпуса, добавляя шумовые ускорения. В соответствии с формулой (5) наименьший тепловой шум будет иметь механическое колебательное звено, применяемое в узком рабочем частотном диапазоне с наименьшими степенью затухания и частотой свободных колебаний и с

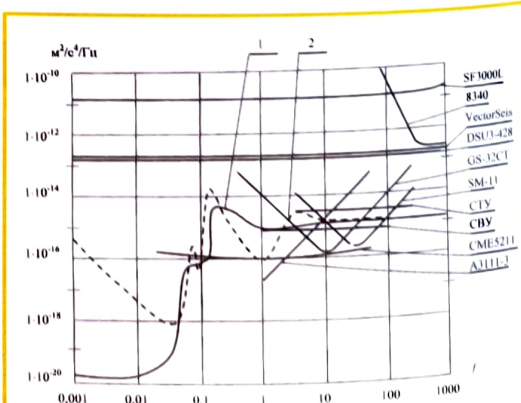


Рисунок 4. Спектральные плотности шума Земли и сейсмоприёмников. Линия 1 построена по графику спектральной плотности квадрата скорости шума Земли для "тихих" условий [1], а линия 2 построена по графику спектральной плотности квадрата перемещений шума Земли [15].

наибольшей массой инерционного тела.

В соответствии с предложениями, изложенными в статье [15], в сейсмологии спектральная плотность шума, создаваемого механическим колебательным звеном, должна быть на порядки меньше спектральной плотности шума Земли (рисунок 4, где сплошная линия 1 построена по графику спектральной плотности квадрата скоростей шума Земли для "тихих" условий [1], а пунктирная линия 2 построена по графику спектральной плотности квадрата перемещений шума Земли [15]).

Требования, предъявляемые наземной сейсмозапиской к спектральной плотности шума электродинамического сейсмоприёмника, значительно снижены. Суммарная спектральная плотность шума механического колебательного звена и сопротивления обмотки могут быть на уровне спектральной плотности техногенного фона Земли. И качество записи считается допустимым, когда наименьший сигнал, воспринимаемый сейсмоприёмником, равен шуму [17].

Сопrotивление обмотки катушки определяет наибольшую часть шума электродинамического сейсмоприёмника. Как известно [1], эффективное значение напряжения, создаваемого шумом можно рассчитать по формуле Найквиста:

$$U_{\text{ш}} = \sqrt{4kTR\Delta f}, \quad (6)$$

где k , T и Δf определены в формуле (5), а R – сопротивление обмотки.

Воспользовавшись уравнениями $U_{\text{ш}} = K_{\text{пв}} \omega^2 x$ (где $K_{\text{пв}}$ – коэффициент преобразования по ускорению, В/м/с², а $\omega^2 x$ – ускорение колебаний шума, м/с²) и K (где $K_{\text{пс}}$ – коэффициент преобразования по скорости, В/м/с) и подставив их в формулу (6), после преобразований для $\omega \geq \omega_0$ получим спектральную плотность шума, создаваемого сопротивлением:

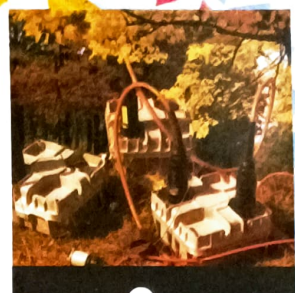
$$S_{(f)c} = \frac{\omega^4 x^2}{\Delta f} = \frac{4kTR\omega^2}{K_{\text{пс}}^2}. \quad (7)$$

Сложив $S_{(f)c}$ и $S_{(f)}$ геометрически, получим спектральную плотность шума, создаваемого электродинамическим сейсмоприёмником скорости. На рисунке 4 показаны спектральные плотности шума таких современных приёмников сейсмических сигналов, как: трёхкомпонентные аксе-

лерометры - VectorSeis фирмы Input/Output, SF3000L фирмы Applied MEMS, DSU3-428 фирмы Sersel; электронно-молекулярные сейсмометры - CME5211 и трёхкомпонентный A3111-3; пьезоэлектрический акселерометр 8340 фирмы Брюль и Квер; электродинамические сейсмоприёмники - GS-32CT фирмы Geo Space и SM-11 фирмы Sensor. В таблице 1 приведены технические характеристики этих приёмников сейсмических сигналов. На рисунке 4 также показаны спектральные плотности шума электродинамических сейсмоприёмников ускорений СВУ и СТУ, разработанных во ВНИИГеофизике. Их технические характеристики приведены в [6].

Повышение разрешающей способности выпускаемых электродинамических сейсмоприёмников. Чтобы повысить разрешающую способность электродинамических сейсмоприёмников, сделав их выходные сигналы пропорциональными ускорениям сейсмической волны, фирма Input/Output установила в каждом канале записи сейсмической станции Input/Output-2 спектральный фильтр (spectral shaping filter-SSF), обеспечивающий подъём коэффициента усиления предварительного усилителя в 6 дБ на октаву между заданными начальной и конечной частотами. Но полученная с помощью спектрального фильтра АЧХ сейсмоприёмника, ограниченная со стороны низких частот частотой его свободных колебаний и, таким образом, остаётся ограниченной и его разрешающая способность. Кроме того, спектральная плотность шума, создаваемая сейсмоприёмником, увеличивается пропорционально увеличению частоты.

Расширить частотный диапазон по ускорению в сторону низких частот можно так, как это сделала в 1987 году фирма Lennartz Electronic в электродинамическом сейсмоприёмнике LE-3D, создав в нём наибольшую степень затухания замыканием накоротко его обмотки инвертирующим входом операционного усилителя. Степень затухания замкнутого накоротко сейсмоприёмника GS-20DX равна $\beta = 1,74$ и тогда, в соответствии с формулой (4), его частотный диапазон по ускорению будет занимать полосу от 2,9 до 35 Гц. Обеспечив дифференцирование сигнала в частотном диапазоне от 35 до 250 Гц, получим сейсмоприёмник с частотным диапазоном по ускорению от 2,9 до 250 Гц. Недостатками этого способа преобразования АЧХ сейсмоприёмника являются: необходи-



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ

Таблица 1

Технические характеристики	Единица измерения	Обозначение приёмника								
		GS-32CT	GS-20DH	SM-11	A3111-3	СПАН-2	8340	VectorSeis	DSU3-428	SF3000L
Частотный диапазон	Гц	10-250	28-450	30-500	1-50	8-300	0,1-1500	0-1450	0-800	0-1000
Частота свободных колебаний	Гц	10	28	30	-	-	7000	-	-	-
Коэффициент преобразования	В/м/с ²	20	35	31	400	0	0	0	0	0
	В/м/с	0	0	0	0	2	1	-	-	0,12
Сопротивление обмотки	Ом	395	600	360	0	0	0	0	0	0
Степень затухания без шунта		0,316	0,57	0,55	-	-	-	-	-	-
Спектральная плотность шума	м ² /с ⁴ /Гц	-	-	-	-	-	2,25·10 ⁻¹⁰	1,9·10 ⁻¹³	1,6·10 ⁻¹³	1,6·10 ⁻¹¹
Наименьший входной сигнал	нм/с	0,2*	0,1*	0,1*	5	0	0	0	0	0
	мкм/с ²	0	0	0	0	-	25	4,4*	5*	0
Наибольший входной сигнал	м/с ²	0	0	0	0	-	4,9	6,9	5	30
	дБ	160*	>160*	>160*	122	-	106*	124	120	120
Коэффициент нелинейных искажений	%	0,1	0,3	0,2	-	0,02	-	0,002	0,003	0,1
Предельный угол наклона	градус	20	90*	90*	15	-	-	180	180	0
Масса преобразовательного блока	кг	0,086	0,099	0,089	5,1▲	2,5	0,775	0,4▲	0,43▲	0,46▲
Напряжение питания	В	0	0	0	12	10-30	12	12	-	±6-±15
Потребляемый ток	мА	0	0	0	15	-	от 2 до 20	-	-	<30
Потребляемая мощность	мВт	0	0	0	-	-	-	-	300	0
Температурный диапазон	от минус	40	45	40	12	-	60	40	40	40
	до плюс	100	100	100	55	-	70	70	70	85

* – значение характеристики получено расчётом;
○ – несуществующая характеристика;

(-) – характеристика отсутствуют в рекламном листке;
▲ – масса трёхкомпонентного приёмника.

мость в источнике питания и повышение спектральной плотности шума сейсмоприёмника пропорционально увеличению частоты.

В патенте [11] для преобразования низкочастотной части АЧХ электродинамического сейсмоприёмника применено резонансное последовательное звено из индуктивности, конденсатора и сопротивления. Была предпринята попытка с помощью такого же звена преобразовать АЧХ по скорости в АЧХ по ускорению сейсмоприёмника SM-11 с частотой свободных колебаний 30 Гц. находящейся посередине полосы видимых частот колебаний сейсмического сигнала от 10 до 80 Гц. Из-за того, что присоединяемое звено не является однонаправленным и между ним и преобразователем сейсмоприёмника возникают дополнительные связи, искажающие получаемую АЧХ, не удалось достичь желаемого результата. Развязав сейсмоприёмник и резонансное звено усилителем, получим положительное решение задачи, но с добавлением источника питания. Лучшее же решение задачи по повышению разрешающей способности сейсморазведки с помощью сейсмоприёмника SM-11 (или GS-20DH) получим, применив в канале записи сейсмической станции (или при обработке) цифровой фильтр с АЧХ:

$$W(f) = \frac{K_y \sqrt{[1 - (f/f_0)^2]^2 + (2\beta f/f_0)^2}}{\sqrt{1 + [f/(f_0/10)]^2} \sqrt{1 + [f/(10 f_0)]^2}}, \quad (8)$$

где K_y – коэффициент усиления, f – текущая частота, f_0 – частота свободных колебаний сейсмоприёмника, β – его степень затухания.

Приняв сопротивление шунта равным бесконечности и отбросив передаточную функцию формирующего апериодического звена в уравнении (2), найдём из него АЧХ по ускорению и, умножив её на АЧХ, выраженную формулой (8), получим:

$$W(f) = \frac{U_{\text{вып}}}{\ddot{x}_k} = \frac{K_n K_y}{2\pi f_0} \cdot \frac{f/f_0}{\sqrt{1 + [f/(f_0/10)]^2} \cdot \sqrt{1 + [f/(10 f_0)]^2}}. \quad (9)$$

На рисунке 5 показаны АЧХ СТУ и преобразованная АЧХ сейсмоприёмника SM-11, построенная по формуле (9). АЧХ совпадают, но спектральные плотности шумов сейсмоприёмников будут отличаться. Спектральная плотность шума у СТУ имеет вид параллельной оси частот линии, изображённой на рисунке 4, а у SM-11 – увеличивается с понижением частоты от 14 Гц и повышением частоты от 60 Гц пропорционально отрезкам ординат между АЧХ SM-11 и преобразованной АЧХ.

Заключение. Как показали исследования, проведённые в этой статье, требованиям наземной сейсморазведки к разрешающей способности приёмников сейсмических сигналов, включаю-

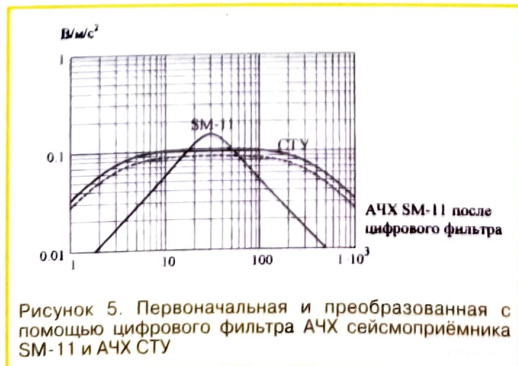


Рисунок 5. Первоначальная и преобразованная с помощью цифрового фильтра АЧХ сейсмоприёмника SM-11 и АЧХ СТУ

щим: пропорциональность выходных сигналов сейсмоприёмников ускорениям колебаний среды в частотном диапазоне от 3 до 100 Гц, динамический диапазон в 160 дБ и спектральную плотность шума на уровне техногенного шума Земли – в настоящее время в полной мере не удовлетворяют только электродинамические сейсмоприёмники. Всем этим требованиям отвечает сейсмоприёмник трёхкомпонентный ускорений СТУ. Но его главный недостаток заключается в отсутствии серийного производства. Поэтому следует дожидаться того времени, когда будет создано геофизическое приборостроение, которое будет независимым и возможно тогда. А до той поры нет независимым и применять сейсмоприёмники SM-11 лучше всего применять сейсмоприёмники SM-11 (или GS-20DH) с цифровыми фильтрами в канале записи или при обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Аки, П. Ричардс. Количественная сейсмология. М.: Мир, 1983.
2. Арнольд Р.Р. Расчёт и проектирование магнитных систем с постоянными магнитами. – М.: Энергия. – 1969.
3. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. – М.: Недра. – 1980.
4. Пузырёв Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию. – Новосибирск: Издательство СО РАН НИЦ ОИГМ. – 1997.
5. Рыжов А.В. Анализ развития теории сейсмоприёмников. // Геофизика. – М.: Издательство ГЕРС. – 1999. – № 5.
6. Рыжов А.В. Анализ свойств сейсмоприёмников. // Геофизика. – М.: Издательство ГЕРС. – 2003. – № 4.
7. Рыжов А.В. К теории электродинамического сейсмоприёмника. // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов: Издательство Полиграф-Депо. – 2007. – № 1.
8. Рыжов А.В. Новая методика расчёта электродинамического преобразовательного блока сейсмоприёмника. // Прикладная геофизика. М.: Недра. – 1992. – Выпуск 126.
9. Рыжов А.В. Новый электродинамический сейсмоприёмник ускорений. // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов: Издательство Полиграф-Депо. – 2002. – № 2.
10. Рыжов А.В. Распространение волн в дискретной модели упругой среды. // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 2-3.
11. Рыжов А.В. 1996. Сейсмоприёмное устройство. Патент РФ 2054700. Б.И., 5.
12. Рыжов А.В. Электродинамический трёхкомпонентный сейсмоприёмник ускорений. // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов: Издательство Полиграф-Депо. – 2004. – № 4.
13. Токмаков В.А. О сейсмических приборах с большим затуханием. // Сейсмические приборы. – М.: Наука. – 1977. – Выпуск № 10.
14. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки. Под редакцией Шнейерсона М.Б. – М.: Недра. – 1998.
15. Трифонов Н.В. Вопросы построения чувствительной сейсмической аппаратуры. // Сейсмические приборы. – М.: Наука. – 1988. – Выпуск № 20.
16. Шведчиков Л.К. Графоаналитический расчёт электродинамического сейсмоприёмника // Прикладная геофизика. – М.: Недра. – 1975. – Выпуск 77.
17. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Том 1. – М.: Мир. – 1987.

Можно ли разрушать, не создавая?

Савостьянов Н.А., ЕАГО, г.Москва



Савостьянов Николай Андреевич, президент Евро-Азиатского Геофизического Общества (ЕАГО)

Недавно, в одном из журналов я увидел рекламный слоган компании, наименование которой я не запомнил, начинающийся словами, вынесенными в заголовок данной статьи – «Можно ли разрушать, не создавая?» И я задался этим же вопросом применительно к нынешней ситуации в российской нефтегазовой отрасли.

До распада Советского Союза, при жестко централизованной плановой экономике, нефтяная и газовая промышленность развивались бурными темпами.

В те годы в СССР был обеспечен очень высокий уровень добычи нефти, порядка 600 млн. т в год и газа почти 600 млрд. м³ (1988 г.). Одновременно активно велись геологоразведочные работы, обеспечивавшие существенный прирост запасов нефти (порядка 1,5 – 2 млрд. т в год) и газа. Сегодняшний уровень добычи нефти в России (490 – 500 млн. т) обеспечен благодаря запасам, подготовленным еще в советское время. Существенным недостатком советской нефтегазовой отрасли был более низкий, по сравнению с Западом, уровень технического обеспечения, отсутствие передовых технологий в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья.

После распада СССР газовая промышленность России сумела сохранить централизованную систему управления в виде «Газпрома», с мажоритарным участием государства в его капитале, что и обеспечило дальнейшее стабильное развитие отрасли. Важно отметить, что запасы природного газа в России велики, и это позволяет с надеждой смотреть в будущее.

В нефтяной отрасли ситуация иная. Произошла ее дезинтеграция и приватизация, которая в 90-е годы проводилась второпях и весьма беззащитно. Нефть была особо «лакомым куском» государственной собственности, который, в результате, был раста-

щен большим числом частных компаний за смехотворные деньги. В то время творился беспредел, родилась нефтяная олигархия.

Сегодня нефтяная промышленность России вышла на первое место в мире по уровню добычи (порядка 470 млн. т в год), однако он не обеспечивается необходимым приростом запасов. По доказанным запасам нефти Россия находится на 8-ом месте в мире (8,6 млрд. т). Сейчас Россия «проедает» запасы, подготовленные в прошлые годы. Российские олигархи предпочитают, в условиях высоких мировых цен на нефть, личное обогащение вложению капиталов в поисково-разведочные работы, сулящие прибыль лишь в отдаленном будущем. В 2007 г. в России было пробурено всего 850 тыс. м разведочных скважин (в СССР ежегодно бурилось порядка 9 млн. м). Совершенно недостаточны инвестиции в геологоразведочные работы на нефть. Остройшей проблемой российской геофизики является нехватка квалифицированных специалистов-геофизиков.

Таким образом, на вопрос, вынесенный в заголовок данной статьи, российские олигархи отвечают – «Можно!». Но так могут говорить люди, не заботящиеся о развитии своего бизнеса, не задумывающиеся о будущем страны. И данная статья адресована не к ним. Данная статья адресована людям власти, держащим. Ибо они должны болеть за страну по определению, ибо только у них есть рычаги влияния (и, как показывает практика, порой весьма эффективные) на руководителей нефтяных компаний. Главное донести до них мысль о необходимости принятия срочных мер, направленных на исправление сложившейся ситуации в нефтегазовой отрасли. Ведь как сказал Лао-цзы: «Наши мысли – начало наших поступков».

Сейчас, для надлежащего обеспечения страны нефтью необходимо существенно и срочно увеличить объемы поисково-разведочных работ и, прежде всего, разведочного бурения. Несмотря на то, что сейсморазведочные работы ведутся в относительно больших объемах (сейсморазведка 2D – 115 тыс. пог. км профилей, 3D – 10,3 тыс. км³) необходимо существенно увеличить объемы геологоразведочных работ на нефть и газ в удаленных регионах и, прежде всего, в Восточной Сибири, характеризующихся сложными орографическими условиями (гористая и залесенная местность, болота, многочисленные реки и т.п.), отсутствием дорожной сети и инфраструктуры. Для проведения сейсморазведочных работ в подобных условиях требуется специальная (вертолетная и вездеходная) техника, соответствующая сейсморегистрирующая аппаратура, специальные системы обработки данных. Все эти вопросы решаемые, но требующие огромных инвестиций. Таким образом, если не создавать, а только разрушать, то коллапс в нефтяной промышленности России неизбежен.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
НАШ ГОСТЬ

СВ-5/300В

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ВИБРАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

• ВОЗБУЖДЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 5 ДО 450 Гц ДЛЯ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

• ВОЗБУДИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ КОМПАКТНОЙ КОНСТРУКЦИИ УСИЛИЕМ 5 Тс

• ГУСЕНИЧНОЕ ШАССИ С ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ И РЕЗИНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ГУСЕНИЦАМИ

• НИЗКОЕ УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ГРУНТ

• АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДЪЕМ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОСИСТЕМЕ ВИБРАТОРА

• МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ, ВЫСОКИЕ МАНЕВРЕННОСТЬ И ПРОХОДИМОСТЬ

• СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ "ВИКОНТ-002 СВИП-МАСТЕР"

Макс. толкающее усилие, кН	50
Реактивная масса, кг	800
Рабочий диапазон частот, Гц	5...450
Амплитуда перемещения массы, мм	50
Взвешивание массы	1 пневмоопора
Площадь опорной плиты, кв. м	0,5
Масса опорной плиты, кг	500
Усилие прижима, кН	55
Клиренс по опорной плите, не менее, мм	470
Насос вибратора	DENISON P 6P
Тип сервоклапана	ATLAS-200H
Рабочий диапазон температур, °C	-30...+40
Система управления:	"ВИКОНТ/СвиПМастер", ЗАО "ГЕОСВИП", Россия

Тип двигателя	4-тактный, с водяным охлаждением и прямым впрыском
Мощность двигателя, л.с.	116 @ 2500 об/мин
Привод	гидростатический
Ширина гусеницы, мм	600
Ширина колеи, мм	1700
Удельное давление на грунт, кПа	23
Минимальный радиус поворота, м	2,4
Длина, мм	4430
Ширина, мм	2300
Высота, мм	2380
Полная масса, кг	9000
Макс. скорость, км/ч	10,7

ЗАО "ГЕОСВИП":

РФ, Москва, 107140,
ул. Нижняя Красносельская, д.4
Тел./Факс: (499) 264-6787
e-mail: info@geosvip.ru

ГАЛЕРЕЯ НОВИНОК



**Огромные возможности
малогабаритного
прибора**

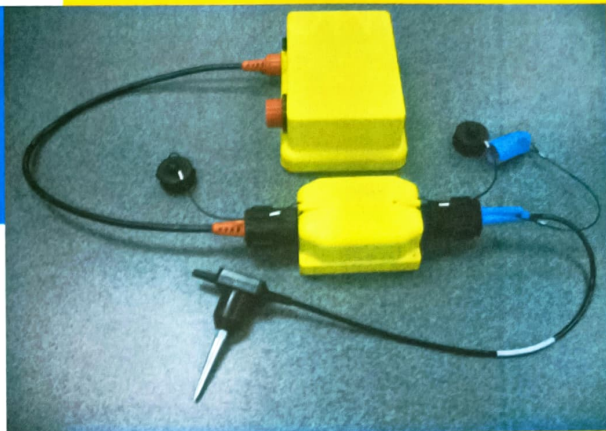
НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

ГАЛЕРЕЯ НОВИНОК

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕГИСТРАТОР GEOSPACE (GSR)TM

Регистратор данных, не требующий ни кабелей, ни радиоканала

Прибор GSR спроектирован для записи сейсмоданных без использования кабелей или радиоканала. Автономный полевой блок включает в себя от 1 до 4 каналов с 24-битной оцифровкой, встроенный высокочувствительный GPS-приемник, встроенный генератор тест-сигналов, до 4 Гб энергонезависимой памяти на канал и высокоскоростной порт для передачи данных. Прибор заключен в герметичный корпус, на котором имеются разъемы для ввода данных, для присоединения блока аккумулятора высокой емкости и съема записанной информации.



Регистратор данных GSR

Тесты, проводимые системой GSR

Система GSR может проводить тестирование работоспособности цепи каждого сейсмического канала и датчиков-геофонов. Пользователь на свой выбор задает программу тестирования – частичную или полную. По желанию пользователя, можно вывести либо все результаты тестирования, либо только данные о неполадках. Собираемые и используемые для анализа данные записываются во флэш-память GSR. При проведении нижеперечисленных тестов программа автоматически управляет переключателем вводов каналов и параметрами генератора тест-сигналов. Все тесты проводятся с использованием текущих выставленных значений частоты дискретизации и коэффициента усиления предварительного усилителя.

- Гармонические искажения
- Точность усиления
- Отклик на импульс
- Подавление синфазного сигнала
- Эквивалентный входной шум
- Полное сопротивление и суммарные гармонические искажения геофонов
- Шум приемника
- Омическое сопротивление геофонов
- Мгновенный динамический диапазон системы
- Рассеянный импульс

Более подробная информация gshields@oyogeospace.com
Тел.: 713 986 4444 Факс: 713 986 4445



Regional Offices

OYO Geospace Canada, Inc.
2735-37 Avenue N.E.
Calgary, Alberta, Canada T1Y 5R8
403 250-9600

OYO Instruments, Europe Ltd.
F3 Bramingham Business Park,
Enterprise Way, Luton
Bedfordshire LU3 4BU, England
011 44 (0) 1582 573 980

OYO Geo-Impulse International LLC
Kirovogradskaya, 36
Ufa, Baskortostan, Russia 450001
011 (7) 3472 25 39 73

OYO Geospace China
Room 700, 7th Floor, Lido Office Tower,
Lido Place Jichang Road, Jiang Tai Road,
Beijing, 100004, P.R. China
011 (86) 10 643 78 758

ВЕСЬ МИР КАК НА ЛАДОНИ...

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ



ПРОСТО. НАДЕЖНО. ВЫГОДНО.

Компания "Геосистемы" предлагает нефтесервисным и геофизическим компаниям полный спектр услуг по организации центров мониторинга и внедрению спутниковых систем слежения за автотранспортом и любыми движущимися объектами.

Для приборостроительных организаций компания "Геосистемы" предлагает широкий ассортимент встраиваемых OEM модулей GPS. Все модули характеризуются высокой чувствительностью, низким энергопотреблением и компактными размерами.



подробнее на www.rusgeosystems.ru

ООО "Геосистемы"
Россия, 410019, г. Саратов, ул. Крайняя 129, оф. 318
тел: +7-927-119-98-17 (8452) 570-576,
факс: (8452) 64-14-32
E-mail: rusgeosystems@gmail.com

Телеметрическая сейсморазведочная станция SGD-SET для инженерных геофизических исследований

Золотарёв В.Н., Ревунов А. Б., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П.,
ООО НПК «СибГеофизПрибор», г. Новосибирск

В мае 2007 года ООО НПК «СибГеофизПрибор» завершило разработку и выпустило первый образец многоканальной телеметрической сейсмической станции SGD-SET на восемьдесят каналов регистрации. Сейсмостанция SGD-SET предназначена для проведения инженерных сейсмических исследований, работы в составе систем сейсмического мониторинга техногенных объектов, охран-ных систем сейсмического мониторинга и т.п. с применением взрывных, электромагнитных импульсных источников типа «ГЕОТОН», «ЕНИСЕЙ» и т.п., а также невзрывных источников возбуждения сейсмический колебаний типа «КУВАЛДА» или «ПАДАЮЩИЙ ГРУЗ». Этот образец был изготовлен по заказу Красноярского филиала «ИнжГео-Енисей» ЗАО НИПИ ИнжГео.

С учётом замечаний, полученных в ходе полевых работ 2007 - 2008 гг. с первым образцом станции, завершается изготовление второго образца станции на 192 канала регистрации, который будет передан Заказчику в августе-сентябре 2008 года.

В настоящее время резко выросли требования к качеству так называемых инженерных геофизических исследований как при выполнении сейсмических работ в «большой сейсморазведке» - изучении зоны малых скоростей, так и при строительстве высотных зданий и сооружений, автомобильных и железнодорожных мостов, насыпей и путепроводов, железнодорожных туннелей, метро и т.п.

Еще одно применение многоканальных телеметрических сейсмических станций - это создание систем постоянного и мобильного сейсмического мониторинга техногенных и других объектов.

Повышение качества инженерных геофизических исследований предполагает увеличение количества каналов регистрации с 24 до 240, увеличение частотного диапазона регистрируемого сигнала и одновременную регистрацию продольной и поперечной составляющей сейсмического сигнала. Однако, увеличение количества каналов регистрации при использовании классических линейных сейсмических станции типа SGD-SEL, «Прогресс ЛМ» или «Лакколит 24М» приводит к резкому росту веса и стоимости используемого оборудования.

Ниже приведена зависимость весовых показателей от количества каналов для двух сейсмостанций SGD-SEL и SGD-SET, в состав которых входит весь комплект оборудования, необходимого для проведения работ в течении 8-10 часов:

Из приведенных данных видно, что уже при 48 каналах регистрации или 24 каналах двухкомпонентной регистрации масса канала телеметрической станции SGD-SET в два раза меньше массы канала линейной станции SGD-SEL, а это очень важно при работе в труднодоступной местности.

Еще одной важной составляющей является также стоимость канала.

Из приведенных данных следует, что стоимость канала для телеметрической станции SGD-SET становится сопоставимой со стоимостью канала

Тип сейсмостанции		Количество каналов				
		24	48	96	192	384
Сейсмостанция SGD-SEL	Общая масса, кг	33	80	257	908	3498
Сейсмостанция SGD-SEL	Масса двух каналов, кг	2.75	3.33	5.35	9.46	18.2
Сейсмостанция SGD-SET	Общая масса, кг	26	41	78.5	153.5	303.5
Сейсмостанция SGD-SET	Масса двух каналов, кг	2.17	1.71	1.64	1.6	1.58

линейной станцией SGD-SEL при количестве около 80 и уменьшается при дальнейшем увеличении количества каналов.

Применение телеметрических сейсморазведочных станций типа 408UL, 428XL, Input/Output, ARAM, Прогресс Т2 и т.п. также не целесообразно по двум причинам: большой объем и вес используемого оборудования и его высокая стоимость.

Таким образом, необходима инженерная телеметрическая сейсмическая станция, которая должна

Тип сейсмостанции		Количество каналов				
		24	48	96	192	384
Сейсмостанция SGD-SEL	Общая стоимость, тыс.руб.	364	650	1267	2704	6298
Сейсмостанция SGD-SEL	Стоимость двух каналов, тыс.руб.	30.3	27.0	26.4	28.2	32.8
Сейсмостанция SGD-SET	Общая стоимость, тыс.руб.	446	772	1295	2440	4730
Сейсмостанция SGD-SET	Стоимость двух каналов, тыс.руб.	37.2	30	27	25.4	24.6

- 1) иметь небольшой вес всего оборудования, в том числе вспомогательного;
- 2) легко переноситься персоналом «на руках» в условиях труднодоступной местности;
- 3) оптимально конфигурироваться в зависимости от количества каналов;
- 4) регистрировать одновременно продольную и поперечную составляющую сейсмического сигнала;
- 5) иметь высокую надежность;
- 6) работать в диапазоне температур для полевого оборудования от минус 40 до + 60 °С;
- 7) работать в диапазон температур для бортового модуля от минус 20 до + 60 °С;
- 8) иметь низкую стоимость.

Такие станции выпускают компании Seismic Instruments, Inc. (USA) и Deutsche Montan Technologie (Germany).

Необходимо отметить, что в первых образцах станций SGD-SET использовались геофоны GS-32CT и GS-20DX-2B производства ОИО-ГЕО ИМПУЛЬС ИНТЕРНЭШНЛ (г.Уфа), гарантированный частотный диапазон регистрации сейсмического сигнала которых 250 Гц.

Если же использовать геофоны другого типа, например L-40A (L-40A1, L-40A2 или L-40A3) производства компании Sercel или EST-20DX40 (EST-20DX60 или EST-20DX100) производства компании EARTH SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD, тогда частотный диапазон регистрации сигнала может быть расширен до 600...1000 Гц.

Состав и структура телеметрической сейсмостанции SGD-SET.

Модуль бортовой SGD-SET/CU - предназначен для управления полевыми модулями, сбора и визуализации зарегистрированной сейсмической информации, управления системами синхронизации источника возбуждения сейсмических колебаний.

Звено полевых модулей SGD-SET/LFU - состоит из шести (восьми, десяти или двенадцати) полевых двухканальных или одноканальных модулей SGD-SET/FU и предназначено для усиления, аналого-цифрового преобразования, регистрации, хранения и последующей передачи сейсмической информации в бортовой модуль SGD-SET/CU.

Блок аккумуляторных батарей SGD-B2408/R - предназначен для питания одного или нескольких



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ



Рис. 1. Телеметрическая сеймостанция станция SGD-SET

звеньев полевых модулей SGD-SET/LFU, ретрансляции команд управления и данных между бортовым и полевыми модулями.

Устройство зарядное SGD-BC15012 - предназначено для зарядки одновременно шесть блоков аккумуляторных батарей SGD-B2408/R.

Технические характеристики бортового модуля SGD-SET/CU.

1. Максимальное количество каналов регистрации - 480.
2. Количество дополнительных (служебных) каналов регистрации - два.
3. Количество каналов связи («RS-485») для подключения полевых модулей - четыре.
4. Интерфейс для подключения систем синхронизации SGD-S, SGD-SP и т.п.
5. Количество каналов связи (интерфейсов «RS-485») для подключения акселерометра SGD-ADSS или источника «ГЕОТОН» («ЕНИСЕЙ») - два.
6. Количество интерфейсов USB 2.0 для подключения стандартных внешних устройств (клавиатура, манипулятор «мышь», принтер, ЗУ типа USB Flash и т.п.) - четыре.
7. Сетевой интерфейс - ETHERNET 100 Мбит/с Full Duplex.
8. Емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) - 32 Мбайта.
9. Емкость энергонезависимого ЗУ для регистрации данных типа NAND Flash - 512 Мбайт.
10. Тип цветного дисплея - TFT 800x600 16 bit
11. Тип процессора ARM-архитектуры - AT91RM9200 180 MHz
12. Тип операционной системы - LINUX (Ver. 2.6.24)
13. Диапазон рабочих температур окружающей среды от минус 20 до + 50 C
14. Напряжение питания от источника постоянного тока - от 10,5 до 28 В.
15. Максимальная потребляемая мощность - 9 Вт
16. Габаритные размеры - 270·246·124 мм
17. Масса не более 3,5 кг

Технические характеристики полевого модуля SGD-SET/FU.

1. Количество каналов регистрации полевого модуля - один или два.
2. Тип встроенного «вертикального» геофона - GS-32CT.
3. Тип встроенного «горизонтального» геофона - GS-20DX-2B.
4. Уровень собственных шумов канала регистрации (без датчиков), не более 0,15 мкВ.



Рис. 2. Модуль полевой SGD-SET/FU

5. Коэффициент усиления предварительного усилителя - 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128

6. Мгновенный динамический диапазон регистрирующего канала - не менее 105 дБ

7. Полный динамический диапазон регистрирующего канала - не менее 144 дБ

8. Частотный диапазон регистрирующего канала - от 0 до 245 (490, 980, 1960, 3920) Гц

9. Период квантования регистрирующего канала - 2, 1, 0,5, 0,25 или 0,125 мс.

10. Коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала - не более 0,003%

11. Количество разрядов АЦП типа деления сигма - 23 плюс знак.

12. Количество каналов связи (интерфейс «RS-485») полевого модуля - два.

13. Напряжение питания полевого модуля - от 10,5 до 28 В.

14. Потребляемая мощность двух(одно)канальным полевым модулем - 0,7 (0,5) Вт.

15. Полевой модуль предназначен для эксплуатации в полевых условиях при прямом воздействии атмосферных осадков и относительной влажности от 5 до 100%.

16. Диапазон рабочих температур полевого модуля от минус 40 до + 60 C.

17. Масса двухканального (одноканального) полевого модуля - 0,9 (0,8) кг.

Технические характеристики звена полевых



Рис. 3. Блок аккумуляторных батарей SGD-B2408/R

модулей SGD-SET/LFU.

1. Количество полевых модулей в неразъемном звене - 6, 8, 10 или 12 шт.
2. Расстояние между полевыми модулями в звене - 2, 2,5, 4, 5, 8, 7,5, 10 или 12 метров.
3. Звено полевых модулей предназначено для эксплуатации в полевых условиях при прямом воздействии атмосферных осадков и относительной влажности от 5 до 100%.
4. Диапазон рабочих температур звена полевых модулей - от минус 40 до + 60 C.
5. Масса звена полевых модулей - 8...16 кг.

Технические характеристики блока аккумуля-



ляторных батарей SGD-B2408/R.

1. Номинальное выходное напряжение блока аккумуляторных батарей – 24 В.
2. Номинальная емкость блока аккумуляторных батарей – 8,5 А·ч.
3. Тип аккумуляторной батареи – герметичный свинцово-кислотный (DELTA HR12-34W или аналогичный).
4. Количество аккумуляторных батарей – две.
5. Время полного заряд блока аккумуляторных батарей – 10...14 часов.
6. Блок аккумуляторных батарей предназначен для эксплуатации в полевых условиях при прямом воздействии атмосферных осадков и относительной влажности от 5 до 100%.
7. Диапазон рабочих температур устройства зарядного - от минус 20 (40) до + 50 °С.
8. Габаритные размеры блока аккумуляторных батарей - 270 × 246 × 174 мм.
9. Масса блока аккумуляторных батарей – 7,5 кг.

Технические характеристики устройства



Рис. 4. Устройство зарядное SGD-BC15012

зарядного SGD-BC15012.

1. Количество одновременно заряжаемых аккумуляторных батарей - двенадцать.
2. Тип аккумуляторной батареи – герметичный свинцово-кислотный.
3. Метод заряда аккумуляторной батареи – IU согласно DIN 41773
4. Время заряда блока аккумуляторных батарей – 10...14 часов.
5. Напряжение питания устройства зарядного от сети переменного тока 50(60) Гц – 187...264 В.
6. Устройство зарядное предназначено для эксплуатации внутри неотапливаемых помещений, кузовов и салонов транспортных средств и относительной влажности от 5 до 95%.
7. Диапазон рабочих температур устройства зарядного - от минус 10 до + 50 °С.
8. Габаритные размеры устройства зарядного - 339 × 295 × 152 мм.
9. Масса устройства зарядного – 4,5 кг.

Режимы регистрации данных.

Регистрация сейсмического сигнала при одиночном воздействии взрывного или невзрывного источника возбуждения сейсмических колебаний осуществляется с помощью системы синхронизации SGD-S или аналогичной. Регистрация сейсмического сигнала осуществляется непосредственно в запоминающем устройстве полевого модуля, а затем передается в бортовой модуль или через адаптер в компьютер, отображается на экране и записывается в энергонезависимое ЗУ бортового модуля или на «твердый диск» компьютера.

Регистрация сейсмического сигнала с накоплением при использовании невзрывного электромагнитного импульсного источника возбуждения (ГЕОТОН, ЕНИСЕЙ и т.д.) осуществляется с помощью системы синхронизации и управления SGD-SP. Регистрация и накопление сейсмического сигнала

осуществляется непосредственно в запоминающем устройстве полевого модуля, а затем передается в бортовой модуль или через адаптер в компьютер.

Регистрация сейсмического сигнала при одиночном воздействии или с накоплением, с использованием в качестве источника возбуждения сейсмических колебаний ударного источника типа «КУВАЛДА» или «ПАДАЮЩИЙ ГРУЗ», осуществляется с помощью цифрового акселерометра SGD-ADSS. Регистрация и накопление сейсмического сигнала осуществляется непосредственно в запоминающем устройстве полевого модуля. Затем данные передаются в бортовой модуль или через адаптер в компьютер.

Сейсмостанция SGD-SET может работать в двух вариантах:

- 1) под управлением бортового модуля с регистрацией данных в энергонезависимом запоминающем устройстве большой емкости;
- 2) под управлением персонального компьютера через бортовой адаптер с регистрацией данных на «твердый диск» (HDD) компьютера.

Синхронизация работы источников возбуждения сейсмических колебаний и сейсмостанции SGD-SET осуществляется несколькими способами, в зависимости от выбранного источника возбуждения сейсмических колебаний.

Первый способ – для взрывных источников может быть использована система синхронизации SGD-S, которая выпускается нашей компанией с 1999 года и сертифицирована компанией Sercel.

Второй способ – для импульсных электромагнитных источников (ГЕОТОН, ЕНИСЕЙ и т.д.) может быть применена система синхронизации, управления и контроля SGD-SP, которая выпускается нашей компанией с 2003 года и не имеет аналогов. Возможен вариант управления источником по специальному кабелю без использования системы синхронизации SGD-SP.

Третий способ – для ударных источников типа «КУВАЛДА» или «ПАДАЮЩИЙ ГРУЗ» может быть применен специальный цифровой акселерометр SGD-ADSS, который выпускает наша компания с 2004 года, или обычный сейсмоприемник (традиционный способ), который подключается к одному из дополнительных каналов бортового модуля. Однако, необходимо отметить, что этот способ не очень хорош, так как большая погрешность запуска сейсмостанции на регистрацию (примерно 1-2 мс) может привести к «потере» высокочастотной составляющей сейсмического сигнала при накоплении и, как следствие, к снижению детальности изучения среды.

Встроенное программное обеспечение полевого и бортового модулей обеспечивает:

- тестирование работоспособности полевого модуля, регистрирующих каналов и линий связи
- контроль сопротивления сейсмических датчиков
- контроль уровня шумов сейсмического профиля (микросейсм)
- регистрация и накопление сейсмической информации в энергонезависимое ЗУ
- управление источниками возбуждения с помощью систем синхронизации SGD-S, SGD-SP
- просмотр зарегистрированной информации на экране дисплея
- вывод результатов тестирования и сейсмической информации на принтер
- перезапись данных из ЗУ бортового модуля на ЗУ USB Flash или на компьютер

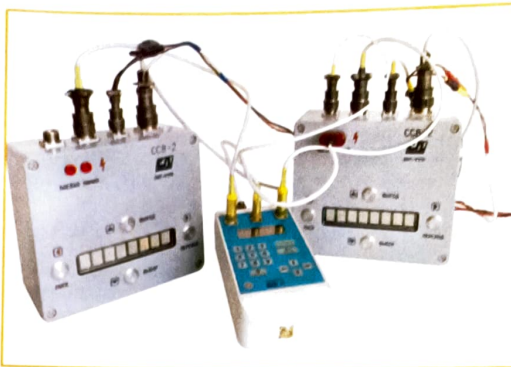
Программное обеспечение для IBM PC обеспечивает:

- перезапись данных из станции в компьютер, просмотр и архивация зарегистрированных данных в формате SEG-Y
- формирование и распечатка рапорта оператора в формате SEG-Y
- диагностика, просмотр, архивация и распечатка параметров регистрирующих каналов с использованием внутреннего тестового генератора.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Тестер ССВ - 2

Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г. ОАО «СКБ СП», г. Саратов



К настоящему времени СКБ СП поставило в геофизические предприятия России и ряда зарубежных стран более 100 систем синхронизации «ССВ - 2». Высокие технико-эксплуатационные характеристики данной системы обеспечили ей широкое применение при проведении сейсмо-разведочных работ. Вместе с тем, иногда в процессе эксплуатации систем возникают вопросы, связанные с проверкой соответствия рабочих характеристик блоков системы требованиям технических условий, а также вопросы, связанные со стыковой системы с различными сеймостанциями. Для решения данных проблем и предназначен Тестер системы синхронизации «ССВ - 2» (в дальнейшем Тестер).

Назначение

Тестер предназначен для оперативного контроля работоспособности системы синхронизации «ССВ - 2» путем измерения параметров как всей системы, так и ее отдельных блоков (шифратора и дешифратора). Кроме того, Тестер оснащен функцией контроля некоторых параметров сейсмоприемника, что выгодно отличает его от уже существующих моделей подобных тестеров.

Тестер имеет энергонезависимую память, предназначенную для хранения рапортов проверяемых параметров. Каждый рапорт сопровождается временем и датой измерения, а также данными режима измерений.

В качестве источника питания Тестера можно использовать как внешний источник питания в диапазоне от 10 до 15 В, так и внутренний аккумулятор. Время непрерывной работы Тестера в автономном режиме с энергосбережением составляет не менее 6 часов.

Тестер работоспособен в диапазоне температур от -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$ в условиях, исключающих прямое воздействие атмосферных осадков.

Основные технические характеристики

1. Временная погрешность определения синхронности между моментом запуска сеймостанции сигналом «КОМ» (командная отметка момента) шифратора и моментом подачи высокого напряжения на гнезда «БЛ» (боевая линия) дешифратора в диапазоне измерения ± 200 мс, не более ± 5 мкс.
2. Временная погрешность определения синхронности между сигналами «КОМ» шифратора и «Зап.ИВ» (запуск источника возбуждения) дешифратора в диапазоне измерений ± 200 мс, не более ± 5 мкс.
3. Погрешность измерения задержек сигналов шифратора «Подтверждающая ОМ» (подтверждающая отметка момента) и «ТВ» (вертикальное время) относительно сигнала

«КОМ», не более ± 5 мкс.

4. Погрешность измерения задержки шифратора «КОМ» относительно запускающего импульса «Старт» не более ± 20 мкс.
5. Погрешность определения значения напряжения на высоковольтном конденсаторе в диапазоне измерения от 0 до 600 В ± 10 В.
6. Погрешность вычисления значения высоковольтного конденсатора в диапазоне измерения от 25 мкФ до 150 мкФ, не более $\pm 5\%$.
7. Погрешность вычисления импульса энергии подрыва, не более $\pm 5\%$.
8. Номинал встроенного резистора имитирующего сопротивление боевой линии $150 \pm 0,5$ Ом.
9. Погрешность измерения тока проверки сопротивления боевой линии в диапазоне измерения от 0 до 50 мА, не более $\pm 2\%$ или $\pm 0,2$ мА, (большее значение).
10. Величина программируемой задержки генерации аналогового сигнала вертикального времени от 0,1 мс до 200 мс с шагом 0,1 мс.
11. Величина программируемой амплитуды аналогового сигнала вертикального времени - 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 В.
12. Измерение параметров сейсмоприемника вертикального времени:
 - а) собственная частота: диапазон от 5 до 30 Гц, погрешность $\pm 2\%$;
 - б) степень затухания: диапазон от 0,1 до 0,85, погрешность $\pm 2\%$;
 - в) выходное сопротивление: диапазон от 20 до 9999 Ом, погрешность $\pm 1\%$ или ± 2 Ом, (большее значение).
13. Напряжение питания: внутреннее (от аккумулятора) 9 В, внешнее 10...15 В.
14. Максимально потребляемый ток: при работе от встроенного аккумулятора 40 мА, при работе от внешнего источника 80 мА.
15. Тестер предназначен для эксплуатации в условиях, исключающих прямое воздействие атмосферных осадков (дождь, снег и т.д.), при относительной влажности от 5 до 95 %.
16. Диапазон рабочих температур от -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$.
17. Габаритные размеры, не более 220x110x70 мм.
18. Масса тестера не более 700 г.

Конструкция

Тестер размещен в прямоугольном пластиковом корпусе, состоящем из основания и крышки. На крышке размещены шильд - клавиатура с защитным стеклом для жидко - кристаллического дисплея и три разъема, предназначенные для подключения к Тестеру блоков системы синхронизации возбуждения «ССВ - 2». Разъем «Ш» (шифратор) предназначен для подключения к разъему «СС\ИВ» (сейсморегистрирующая станция\источник возбуждения) шифратора, разъем «ДШ» (дешифратор) - для подключения к разъему «СС\ИВ» дешифратора, разъем «ФТВ» (формирование тестового воздействия) - для подключения к разъему «СП\РС» (сейсмоприемник\разъем для связи с COM-port компьютера по

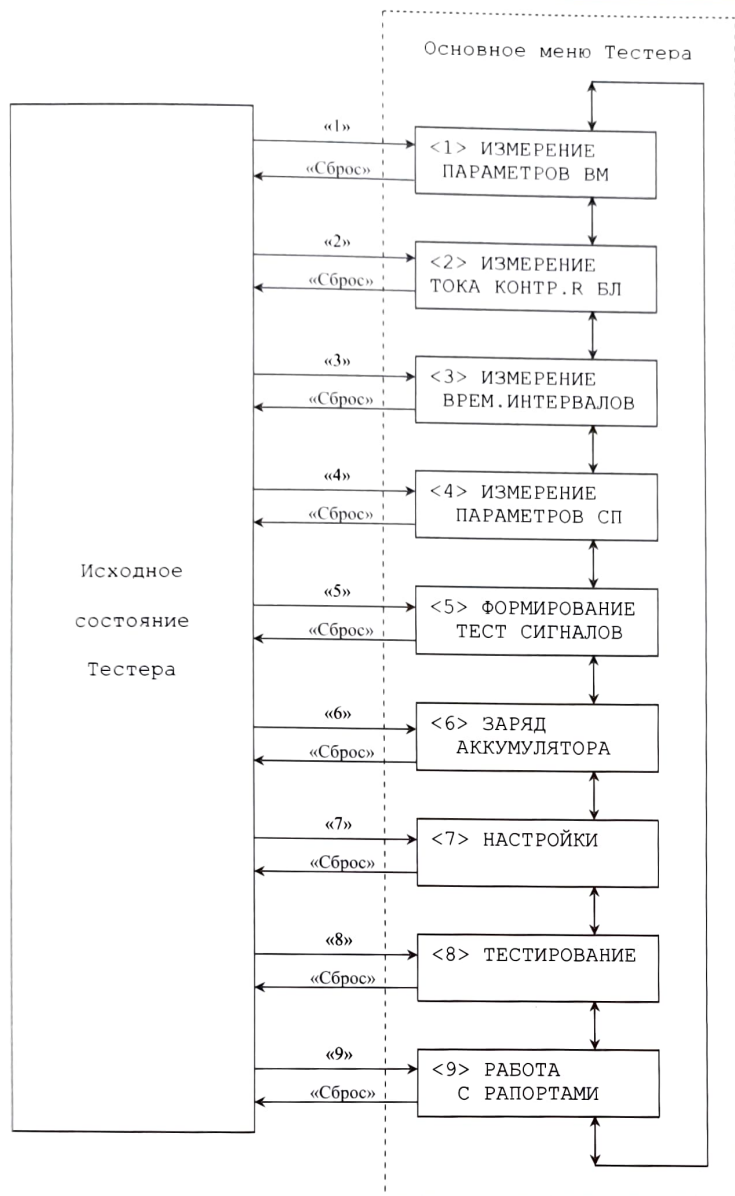


Рис.1. Основное меню тестера

RS-232) дешифратора или сейсмоприемника. На основании корпуса размещены: разъем для подключения к гнездам «БЛ» (боевая линия) дешифратора и разъем для подключения периферийных устройств (внешнее устройство питания, COM-port компьютера, внешнее зарядное устройство). Для подключения к указанным периферийным устройствам и блокам системы «ССВ-2» Тестер комплектуется набором соединительных жгутов.

Описание работы

При включении питания Тестер устанавливается в исходное состояние. При этом на дисплее отображается название прибора, текущая дата и время (часы/минуты).

Из исходного состояния возможен переход в основное меню, состоящее из 9-ти пунктов. Для этого достаточно нажать одну из кнопок на клавиатуре «1» - «9». При этом на индикаторе отображается номер выбранного пункта меню и его название.

Перебор пунктов «1» - «9» основного меню возможен также при нажатии кнопок «↑» или «↓» (прямой и обратный перебор). Нажатие кнопки

«0/СБРОС» возвращает Тестер в исходное состояние.

Запуск исполнения функции пункта меню осуществляется нажатием кнопки «ВВОД/». Для подготовки к новому запуску необходимо нажать кнопку «0/СБРОС».

Структурная схема основного меню Тестера представлена на рис.1

Некоторые пункты основного меню имеют подменю «РЕЖИМ», вход в который осуществляется нажатием одноименной кнопки «РЕЖИМ». В подменю «РЕЖИМ» можно задать параметры импульсов запуска Тестера, параметры тестовых сигналов и некоторые значения установок блоков системы ССВ-2. Данные подменю «РЕЖИМ» записываются в рапорты соответствующих пунктов основного меню.

По окончании функций измерения индикатор выдает краткие сообщения.

Ниже приведен перечень кратких сообщений пунктов основного меню:

1 Измерение параметров ВМ:

$U_c = XXX$ В напряжение на накопительном конденсаторе дешифратора;

$C = XXX$ мкФ емкость накопительного конденсатора;

$E = XX.X$ Дж энергия подрыва;

$I^2 t = XX.X$ А²

импульс тока дешифратора в течение 1 мс;

$\Delta T = XXX$ мкс задержка срабатывания тиристора.

2 Измерение тока контроля сопротивления боевой линии.

Для выполнения этой функции после нажатия кнопки Тестера «ВВОД/» должна быть нажата кнопка дешифратора «ПУСК» из меню «РАБОТА».

3 Измерение временных интервалов:

$KOM = XXX.XXX$ мс время задержки сигнала «КОМ» шифратора относительно команды на запуск от Тестера;

$OM = XXX.XXX$ мс время задержки сигнала «ОМ» относительно сигнала «КОМ»;

$TB = XXX.XXX$ мс время задержки формирования сигнала «ТВ» относительно сигнала «КОМ»;

$\Delta T = \pm XXX.XXX$ мс временная погрешность несинхронного срабатывания шифратора и дешифратора.

4 Измерение параметров СП:

$R = XXX$ Ом выходное сопротивление сейсмоприемника;

$F = XX.X$ Гц собственная частота сейсмопри-

ТАЛЕРЕЯ НОВИНОК ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕИШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ



емника;

$D = X.XXX$ – степень затухания сейсмоприемника.

Остальные пункты меню являются вспомогательными. Ниже приведено краткое описание функций данных пунктов меню. При этом сообщения о результатах измерений на дисплей не выводятся.

5 Формирование тестовых сигналов

С помощью подменю «РЕЖИМ» можно выбрать либо режим «Формирование микросейсм», либо режим «Спец. генератор». Режим «Формирование микросейсм» можно использовать для проверки линейности канала «ТВ» дешифратора, режим «Спец. генератор» зарезервирован.

6 Заряд аккумулятора

В этом пункте можно проверить состояние аккумулятора и, при необходимости, подзарядить его. Заряд автоматически отключается при полном заряде аккумулятора с появлением сообщения: «АКК ЗАРЯЖЕН».

7 Настройки

В этом пункте можно ввести текущее значение даты, времени, отрегулировать контрастность дисплея, задать режимы работы дисплея подсветкой или без нее, выбрать режим экономии электропитания, а также длительность предупредительного звукового сигнала.

8 Тестирование

В этом пункте можно измерить напряжение внутреннего аккумулятора, проверить состояние памяти рапортов и провести тест самоконтроля.

9 Работа с рапортами

В этом пункте выполняются следующие операции: проверка состояния памяти, считывание из памяти и очистка памяти. С помощью программы считывания, данные рапортов могут быть выведены на экран монитора компьютера и, при необходимости, распечатаны на принтере.

Заключение

Широкий набор проверяемых Тестером параметров системы «ССВ – 2» и диапазон рабочих температур от -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$ позволяют оперативно проверять работоспособность в полевых условиях как отдельных блоков, так и системы ССВ-2 в целом.

В условиях ЦГЛ Тестер рекомендуется использовать при проведении регламентных работ в качестве поверочного средства, заменяющего ряд дорогостоящих приборов: цифровой вольтметр, частотомер, запоминающий осциллограф, генератор сигналов.

СКБ СП продолжает совершенствовать и создавать новое, современное геофизическое оборудование. Завершается разработка телеметрической сейсморегистрирующей системы с трехканальными блоками сбора данных. Данная система предназначена для проведения работ на суше и в переходных зонах. Система рассчитана на регистрацию в реальном времени геофизической информации, поступающей с 10000 активных каналов. Пользовательский интерфейс системы обеспечит уникальную возможность одновременного использования в наземной расстановке как новых трехканальных блоков сбора данных, так и блоков сбора данных уже выпускаемых систем ряда «Прогресс» - БСД-1 и БСД-6. Это обеспечит дополнительные возможности при проведении работ в сложных условиях переходных зон, при пересечении участков с высоким уровнем промышленных помех, существенно повышая производительность работ, качество регистрируемой информации. Это обеспечит также возможность гибкого использования уже имеющегося у предприятия оборудования.

Он совершенен!
Он надежен!
Он недоступен.....пока.

ПРОГРЕСС - ТЗ

СКОРО...



**СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Россия, 410019 г.Саратов Ул.Крайняя 129 тел.: (8452) 64-09-51; 57-05-00

E-mail: skbsp@skbsp.ru <http://www.skbsp.ru>

факс: (8452) 64-14-52; 27-21-01

Комплексные геофизические исследования

при инженерно-геологических изысканиях

• Детальное изучение верхней части геологических разрезов в комплексе инженерно-геологических изысканий под строительство и обустройство нефтегазовых месторождений, трасс магистральных продуктопроводов, автомобильных и железных дорог, мостовых переходов.

• Обследование участков и прогноз развития оползневых, провальных и карстовых процессов в техногенно-нагруженных зонах.

• Изучение гидрологических и гидрогеологических обстановок на участках строительства подводных и мостовых переходов через водные преграды, на участках сооружения водозаборов.

• Изучение разрезов многолетнемерзлых и талых пород на участках между инженерно-геологическими выработками;

• Картирование горизонтов высокольдистых пород и залежей пластовых льдов, горизонтов засоленных пород, криопэгов, газонасыщенных и водонасыщенных горизонтов разреза;

• Выявление корреляционных зависимостей между геолого-генетическими типами пород и геофизическими характеристиками разреза.

Сейсмические методы: МПВ, КМПВ, МОВ-ОП.

Сейсмостанции: «Лакколит X-M2», «SLD-SET».

Импульсные электромагнитные источники: «Геотон-06».

Методы электрометрии: ВЭЗ(БЭЗ), ЭП(БЭП), МЗСБ.

Аппаратурные комплексы: «ЭРП», «ERA-MAX», «Цикл-6, Цикл-7».

Спецтехника: Снегоболотоходы «Лось BV-206», автомобили «УАЗ», снегоходы.

Высококвалифицированный кадровый состав с опытом и стажем научно-производственной деятельности.

ООО «Ингеоком» оснащен современными аппаратными и программными геофизическими комплексами, сертифицированной аппаратурой, спецтехникой, позволяющими реализовывать эффективные методики и технологии.

Наши Заказчики:

ОАО «ГАЗПРОМ»

ОАО «ВНИПИгаздобыча»

ЗАО «Ямалгазинвест»

ООО «Красноярскгаздобыча»

«Институт «Проектмострестроительство»

Управление по инженерной защите города Администрации г. Саратова

Наши Партнеры:

Московский Государственный Университет

ФГУП НВ НИИГГ

ООО «Специализированные геофизические системы»



ЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

АХ



ИНГЕОКОМ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

410031, г. Саратов, ул. Некрасова, 49 А
Тел./Факс (8452) 28-61-48 e-mail: ingeocom@nm.ru

“Прогресс-Т2” – система живет, система развивается

Бескоровайный В.Л., Гнатюк А.И., Одинокоев Н.В., Тарасов Н.В., Цукерман И.Б.
ОАО “СКБ Сейсмического приборостроения”, г. Саратов

Более 45 лет СКБ сейсмического приборостроения демонстрирует высокий профессиональный уровень своих разработок. Это целый ряд цифровых сейсморазведочных станций, доказавших свою эффективность при открытии нефтяных и газовых месторождений в России и ряде других стран СНГ, системы синхронизации возбуждения, работающие со всеми типами сейсмостанций как отечественного, так и зарубежного производства, пакеты программных комплексов, обеспечивающие диагностирование сейсморегистрирующей аппаратуры и контроль качества полевого материала, различные устройства, используемые для сервисного обслуживания сейсморазведочной аппаратуры.

Многоканальная телеметрическая сейсморегистрирующая система “Прогресс-Т2” на момент окончания разработки была рассчитана на регистрацию сейсмической информации, поступающей в реальном времени с 4800 активных каналов по четырем портам с интервалом квантования 2 мс, т.е. один порт обеспечивал 1200 каналов регистрации.

Первый образец ТСС “Прогресс-Т2” был представлен разработчиками после успешного завершения опытно-промышленных испытаний в сентябре 2003 г. И вот уже пять лет ТСС “Прогресс-Т2” успешно работает в геофизических предприятиях России и других стран СНГ. На рис. 1 и 2 представлены, соответственно, бортовой и наземный комплексы системы.



Рис. 1. Наземное оборудование телеметрической сейсморегистрирующей системы “Прогресс-Т2”

В настоящее время современные сейсморегистрирующие системы практически сравнимы по номенклатуре технических параметров и их количественным значениям. В основном это связано с доступностью современной элементной базой для разработчиков. Поэтому на первое место выступает критерий надежности и устойчивой работы всего комплекса геофизического оборудования, используемого при проведении сейсморазведочных работ. Следует отметить тот факт, что запас прочности, заложенный разработчиками в конструкцию блоков, а также надежность электрической схемы всей сейсмостанции, позволили изготовителю уже на начальном этапе выпуска принять решение о пятилетней гарантии на ТСС “Прогресс-Т2”.

Время лишь подтвердило обоснованность принятия данного решения. Анализ отказов блоков, поступающих на гарантийный ремонт, свидетельствует о том, что число отказов по вине изготовителя за полевой сезон составляет 1%-0.5%.

Это является результатом того огромного внимания, которое изготовитель уделяет совершенствованию технологии климатических испытаний аппаратуры, работающей в тяжелейших условиях окружающей среды. Вся аппаратура проходит обязательные испытания на ударопрочность.

Длительность жизненного цикла сейсморегистрирующей аппаратуры во многом определяется уровнем сервисного обслуживания и наличием достаточной номенклатуры вспомогательного оборудования, обеспечивающего возможность быстрого восстановления работоспособности аппаратуры. СКБ СП традиционно уделяет этим вопросам первостепенное внимание. На предприятии имеется группа специалистов, одной из задач которой является сервисное обслуживание сейсморегистрирующих систем, поставленных потребителям. Эти специалисты способны выполнить любой ремонт электронных блоков и их испытание. На случай срочной замены вышедших из строя компонентов сейсмоаппаратуры на предприятии создан резервный запас отдельных блоков и узлов. СКБ СП разработало и сертифицировало ряд специальных стенов и программное обеспечение, которые применяются не только для регулировки и испытаний аппаратуры в процессе производства, но и поставляются геофизическим предприятиям для проведения операций контроля параметров и обнаружения неисправностей либо непосредственно в полевых условиях, либо в центрах по обслуживанию оборудования.

На сегодняшний день в сейсмоотрядах России и ряда стран СНГ успешно работают десятки ТСС “Прогресс-Т2”, выполняя 2D и 3D исследования.

Столь успешное внедрение ТСС “Прогресс-Т2” в геофизическое производство во многом объясняется тем, что конфигурация системы и ее программное обеспечение проходят обязательное предварительное согласование со специалистами Заказчика. Исходя из пожеланий Заказчика, СКБ СП предлагает несколько вариантов компоновки Центрального Регистрирующего Комплекса (ЦРК) устройствами воспроизведения на бумажный носитель, накопителями на магнитной ленте, магнитооптических дисках, твердой памяти, DVD-RW. Поскольку интерфейс управления системой и программное обеспечение рассчитаны на регистрацию максимального числа каналов в реальном времени с использованием любого типа источника возбуждения (импульсного или вибрационного), структурная схема сейсмостанции позволяет оптимально наращивать наземный комплекс аппаратуры без дополни-



Рис. 2. Центральный регистрирующий комплекс

тельного вмешательства в электронику ЦРК. Программное обеспечение работает под управлением операционной системы Windows XP (лицензионный вариант) и поэтому его восстановление, в случае неординарных ситуаций, может быть оперативно выполнено специалистами геофизического предприятия.

ТСС «Прогресс-Т2» обеспечена развитой системой контроля расстановки и глубокого диагностирования полевых блоков, что позволяет выявлять неисправность любого канала с указанием номера отказавшего блока и пикета, на котором он установлен. Имеется возможность контроля состояния групп сейсмоприемников по основным параметрам с записью результатов в специальный файл. Кроме того, перед каждой регистрацией оператор имеет возможность качественно оценить установку сейсмоприемников в группе. Еще одной важной особенностью является обеспечение автоматического контроля расстановки по параметрам, задаваемым оператором. Если в результате контроля обнаруживается несовпадение с допустимыми значениями по любому каналу расстановки, то запуск регистрации блокируется до выяснения причины и принятия решения оператором. По каждому результату тестирования формируется файл результатов, что позволяет в любое время проконтролировать состояние аппаратуры в процессе отработки каждого пункта возбуждения по всему профилю.

Результаты промышленной эксплуатации ТСС «Прогресс-Т2» позволили пересмотреть значения некоторых технических параметров канала регистрации в сторону их «ужесточения».

Так переход на новые схемные решения аналогового тракта полевого блока сбора данных позволил снизить мощность потребления на канал до 165 мВт., что значительно экономит ресурс аккумуляторных батарей в процессе проведения работ. Важно отметить тот факт, что при работе 2D и числе активных каналов до 120 в каждой ветви, возможно питание полевых блоков наземной расстановки с бортового комплекса через специальный кабель. Разработанная оптимальная методика контроля параметров как на этапе изготовления, так и в процессе эксплуатации системы, позволила повысить точность измерения КНИ, допустимое значение которого теперь составляет 0,0005%. Статистический анализ значений коэффициента взаимных влияний между каналами, проведенный в процессе изготовления значительного количества блоков, позволил включить в ТУ значение не более минус 100 дБ. Уровень собственных шумов в полосе частот от 10 до 125 Гц, снижен до значения 0,15 мкВ эфф., что, соответственно, привело к увеличению динамического диапазона до значения 146 дБ при максимальном регистрируемом сигнале 3,5 В. Полевые блоки сбора данных с улучшенными параметрами уже поставляются Заказчикам.

В настоящее время программный комплекс ТСС «Прогресс-Т2» обеспечивает возможность формирования списка пунктов возбуждения из SPS файлов и, соответственно, получение выходных SPS файлов. Реализована так же возможность передачи в ЦРК координат источника возбуждения, определяемых с помощью приемников GPS, установленных либо на самих источниках, либо в блоке системы синхронизации возбуждений, и учет этих координат в выходных SPS файлах. Таким образом, передача выходных SPS файлов совместно с сейсмограммой на компьютер супервайзера либо по проводной связи, либо по радиомодему, позволяет проводить контроль качества полевого материала непосредственно в полевых условиях.

Начиная с 2007 г. в ТСС «Прогресс-Т2» реализована уникальная возможность одновременного



Рис. 3. Смешанная расстановка шести- и одноканальных блоков сбора данных для преодоления водных преград.

использования в расстановке многоканальных и одноканальных блоков сбора данных (рис. 3). Это обеспечивает гибкость при проведении геофизических работ в сложных условиях переходных зон, при пересечении участков с высоким уровнем промышленных помех, существенно повышая производительность работ, качество регистрируемой информации при сохранении экономической выгоды использования многоканальных блоков сбора данных.

Дальнейшее развитие ТСС «Прогресс-Т2» предполагает:

1. Применение в телеметрическом канале передачи данных TCP/IP протокола сетевого интерфейса Ethernet, что позволит значительно увеличить пропускную способность канала и скорость обмена данными между управляющим компьютером и блоком ЦРК.

2. Оптимизацию программного обеспечения в блоке линии, что позволит увеличить расстояние между линиями приёма до 400м.

3. Приём бортовым комплексом системы потоков информации по четырём портам регистрации с пропускной способностью каждого порта 2500 активных каналов в реальном времени и по 16 линиям наблюдения при интервале квантования 1 мс. Базовым вариантом системы будет конфигурация с одним портом регистрации, рассчитанной на приём и обработку (накопление, корреляция, воспроизведение) 2500 каналов в реальном времени по методике 2D и 3D. При выполнении наблюдений с числом каналов более 2500, для организации дополнительных портов система будет комплектоваться дополнительными платами, устанавливаемыми в корпус центрального блока бортового комплекса. В максимальной конфигурации система обеспечит возможность регистрации 10000 активных каналов при интервале квантования 2 мс. При этом просмотр и диагностирование наземной расстановки будет проводиться по всем каналам в реальном времени.

4. Включение в состав блока линии блока питания, что сделает систему питания оборудования наземной расстановки более гибкой и оптимальной.

Все выше перечисленные возможности предполагается реализовать при поставке ТСС «Прогресс-Т2» Заказчикам уже в четвертом квартале сего года. Необходимо отметить, что с этого же времени, при наличии соответствующих заказов, будет осуществляться модернизация ранее поставленных систем.

Так уж повелось, что разработчик относится к своей разработке как к живому организму и с этой точки зрения ТСС «Прогресс-Т2» живет, развивается и находится в самом расцвете сил.



ТАЛЕРЕРЯ НОВИНОК

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕИШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Опыт применения системы XZone® Marsh Line при 2D и 3D технологиях сейсмических исследований на предельном мелководье транзитных зон

Жгенти С.А., Запорожец Б.В., компания «СИ Технолоджи Инструментс», г. Геленджик

В последние годы особую актуальность приобрели сейсмические исследования в транзитных зонах, которые, благодаря развитию аппаратурно-технической оснащенности сейсморазведки, стали, наконец, для неё доступными.

Несмотря на очевидный и давний интерес добывающих компаний к территориям, покрытым водой, но находящимся в зоне, доступной для бурения с суши, сейсмические исследования в транзитных зонах долго имели второстепенный статус. В этот период решались такие задачи как картирование замыкания структур, уходящих в водную среду (водохранилище, озеро, залив) или картирование отражающих горизонтов под водным препятствием. Именно по причине второстепенного значения подобных исследований, долгое время не уделялось внимания развитию специализированного сейсморазведочного оборудования и технологии работ в транзитных зонах.

В большинстве случаев из создавшегося положения выходили, адаптируя к водным условиям сухопутное оборудование и технологии проведения сухопутных исследований («Петроальянс» – радиосистему «TWU» с болотными геофонами от «Инпут/Аутпут», «Южморгеология» – систему «Бокс» от «Файер Филд» с болотными геофонами, «Краснодар-нефтегеофизика» – систему «Прогресс» со специальной дополнительно герметизированной модификацией геофонов на штырях длиной до 1 м).

Системы наблюдений и технологические схемы перемещения оборудования при проведении данных работ в транзитных зонах полностью повторяли сухопутные, и потому достигаемая производительность работ и качество материала были, в лучшем случае, удовлетворительными.

Однако, с развитием и широким распространением наклонного и горизонтального бурения, когда продуктивные объекты под транзитными зонами стали более доступными с суши, объем заказов на проведение сейсмических исследований в транзитных зонах резко вырос, а сами работы стали самостоятельным видом сейсмических исследований.

Практически все ведущие мировые производители предложили на рынок специальное сейсморазведочное оборудование для проведения исследований в транзитных зонах.

Среди систем сбора сейсмических данных для транзитных зон особо выделяется система XZone® Marsh Line производства компании «СИ Технолоджи», унаследовавшая от морских систем принципы питания и раскладки косы с барабана (спуско-подъемного устройства – СПУ). Это обеспечивает системе XZone® Marsh Line некоторые преимущества перед другими системами сбора данных.

Система XZone® Marsh Line имеет сейсмическую косу, выполненную на основе прочного кабель-троса. Для приёма колебаний на каждом канале используются одиночные геофоны и гидрофоны, вместе с АЦП и необходимой для каждого канала электроникой, помещенные в

специальные металлические модули, вмонтированные в кабель-трос (полевые модули). Вертикальная ориентация геофонов достигается применением специальных карданных необходимых контакт с грунтом – собственным весом модулей (около 7 кг) и усилием натяжения кабель-троса. Питание полевых модулей осуществляется по косе от центральной станции регистрации. В стандартном варианте система может использоваться для 2D 2C работ. Существует конструкция полевых модулей с установленными в карданные подвесы 3-мя ортогонально направленными сейсмоприемниками (3C), что увеличивает возможности приема колебаний до четырехкомпонентного (3C+ гидрофон= 4C). При необходимости проведения 3D исследований, каждая из таких кос с регистратором, обеспечивающим сбор данных и питание косы, располагаются на отдельном транспортном средстве. Все регистраторы с помощью кабеля или по радиоканалу связываются в локальную компьютерную сеть. Ограничений по времени нахождения косы в воде не существует, поэтому предельные возможности системы XZone® Marsh Line могут быть определены как 4C4D.

Важная отличительная особенность системы в том, что при организации на месте работ любых 2D и 3D систем наблюдений никаких дополнительных источников питания не используется.

Размещение косы на СПУ исключает необходимость её ручной раскладки и делает возможным её буксировку, позволяя на порядок повысить производительность работ.

В случае простоя по погодным условиям, коса может быть оставлена на профиле. При этом благодаря своему дизайну и тяжелому весу, она нигде не смещается даже при сильных течениях и штормах, а при повторном подключении к станции снова готова к регистрации данных.

Система XZone® Marsh Line уже на протяжении многих лет с успехом используется рядом сервисных компаний («Южморгеология», «Гео-Хазар», «Донгеофизика» и др.), которые проводят исследования в транзитных зонах на глубине от 2 до 10 м.

При проведении сейсмических исследований в транзитных зонах и их предельно мелководной части (в интервале глубин 1,5 - 0,3 м), для получения качественных материалов необходим правильный выбор и тщательная оптимизация каждого из элементов технологии:

- эффективных систем наблюдений;
- источников возбуждения колебаний;
- способов позиционирования оборудования;
- транспортных средств, обеспечивающих перемещение оборудования по площади работ.

Оптимальная технология проведения сейсмических исследований с системой XZone® Marsh Line в условиях предельного мелководья транзитных зон успешно разработана специалистами компании «СИ Технолоджи Инструментс» и опробована в 2007 г. компанией «Донгеофизика».

Общий объем исследований с применением данной технологии составил около 600 пог. км. Пробы проведены в условиях наиболее интересного с практической точки зрения предельного мелководья (глубины от 0,5 м) на территориях Нижнекамского водохранилища и в русле реки Вятка. На реке Вятка, также впервые, проведены 3D работы по системам наблюдений площадных сейсмондирований МОГТ с использованием элементов применения системы Marsh Line.

В рамках одной статьи невозможно подробно осветить весь процесс применения системы, поэтому ограничимся схематичным описанием его основных моментов.

Системы наблюдений.

Когда становится возможной буксировка косы, сейсмические наблюдения с системой XZone® Marsh Line проводятся по системам наблюдений волновых зондирований МОГТ (исключение составляют транзитные зоны пляжного типа, имеющие ровное дно со спокойным рельефом без широкого распространения водной растительности (рис.1)). Такие зондирования обрабатываются с применением 2-х судовой технологии проведения работ. При этом коса раскладывается с судна в обрабатываемом интервале профиля, а источник, расположенный на другом судне, перемещается вдоль косы, и, с определенным интервалом вдоль профиля, производит возбуждение колебаний. Начальный и конечный вынос источника за пределы расстановки, равный половине её длины, и полное смещение расстановки после её отработки без перекрытия ПП, обеспечивает получение равномерной кратности прослеживания вдоль профиля.

Такая технология организации профильных наблюдений с равномерной кратностью при использовании системы XZone® Marsh Line является оптимальной для большинства типов строения транзитных зон.

Транспортные средства.

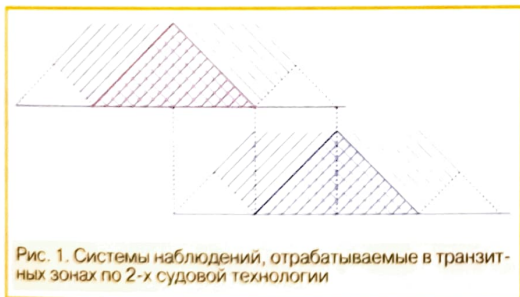


Рис. 1. Системы наблюдений, обрабатываемые в транзитных зонах по 2-х судовой технологии

Перемещение оборудования в транзитных зонах - это ключевая проблема. Применение для этого стандартных транспортных средств не эффективно, а в ряде случаев просто невозможно. Для проведения работ в условиях транзитных зон в компании «СИ Технолоджи» разработано и изготовлено специальное транспортное средство, получившее название «TORTUGA» (рис.2). Судно «TORTUGA» - это самоходный понтон-катамаран, с малой осадкой (до 0,3 м) и большой грузоподъемностью (более 10 тонн), с движителями в виде гребных колес, обеспечивающими скорость движения судна до 10 узлов. Каждое гребное колесо имеет привод от отдельного двигателя заданной мощности, что обеспечивает высокую маневренность судна и развитие достаточного буксировочного усилия. Судно «TORTUGA» беспрепятственно перемещает тяжелое оборудование по терри-



Рис. 2. Самоходное судно «TORTUGA»: А - схематическое изображение, Б - внешний вид.

ториям транзитных зон, поросших водорослями, когда применение судов с винтовыми двигателями невозможно. Легко преодолевает участки с резким увеличением глубин (ямы и судовые ходы). Форсирует отмели и осушенные участки и позволяет доставлять технологическое оборудование практически до кромки береговой линии. На каждом из таких судов, кроме технологического оборудования, есть возможность размещения 4-х человек.

Очень важна и мобильность судов типа «TORTUGA». Конструкция судна позволяет разобрать или собрать его в течение одного рабочего дня и перевезти на любое расстояние в длинном прицепе грузового автомобиля.

В работах компании «Донгеофизика» использовались два судна «TORTUGA»: раскладчик и источник.

Навигация и позиционирование оборудования.

Для целей навигации и позиционирования оборудования при работах в транзитных зонах до глубин 10м, компаний «СИ Технолоджи» разработана специальная система «N & P», являющаяся опциональным приложением систем XZone®.

В период проведения исследований системы «N & P» находилась в стадии обкатки, поэтому при описываемых работах использовалась стандартная навигационная система HYDRA, работающая в реальном времени (с одной базовой станцией) в системе GPS. Каждое из судов «TORTUGA» было оборудовано полевыми приемниками системы HYDRA и цифровыми эхолотами. Координаты, скорость движения судов и глубины дна отображались в реальном времени на экране монитора, расположенного в рулевой рубке. Движение судов осуществлялось в заранее выбранном коридоре, выведенном на экране навигационного компьютера.

При раскладке косы, специальный «датчик схода модуля», установленный на корме судна-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

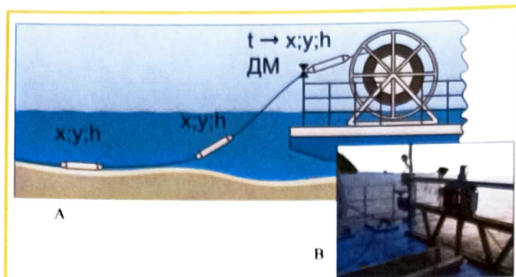


Рис. 3. Датчик схода модуля. А – схема, объясняющая фиксацию координат и глубины укладки приемного модуля; Б – внешний вид датчика, установленного на корме раскладчика косы.

раскладчика (рис.3) подавал команду на фиксацию и запись в SPS файл координат укладки и глубины погружения.

Система синхронизации работ в процессе движения судна-источника подавала команду на возбуждение и регистрацию колебаний, а также запись координат и глубины каждой точки возбуждения в массив SPS файла.

Таким способом были обеспечены навигация и позиционирование приемного оборудования и источника колебаний на всей площади работ. Точность плановой привязки составила ± 3 м, а точность определения глубин $\pm 0,1$ м.

Разработанная система позиционирования приемного оборудования оптимальна для использования системы XZone® Marsh Line при работах в транзитных зонах на глубинах от 0 до 10 м.

Источник возбуждения колебаний.

В большинстве случаев при проведении сейсмических исследований в транзитных зонах для возбуждения колебаний используются стандартные пневмопушки, обычно применяющиеся при морских работах с объемами камер около 1 литра. При этом для возбуждения колебаний достаточной интенсивности применяют небольшое площадное группирование 7–10 таких излучателей. Однако возможность их применения ограничивается глубиной более 1,5 м. При меньших глубинах применение таких излучателей становится неэффективным. Погружение излучателей в специальные мелкие скважины нецелесообразно по причине потери производительности работ.

В описываемых работах для возбуждения колебаний использовалась площадная группа безоткатных малообъемных излучателей «МАЛЫШ» производства компании «ПУЛЬС». Группа из 12-ти излучателей монтировалась на специальных консолях, расположенных за кормой (рис. 4). На борту судна располагались компрессор, ресивер и другое технологическое оборудование, позволяющее обеспечивать возбуждение колебаний с интервалом в 6 секунд или дистанцией по профилю 10 м при выбранной скорости устойчивого движения судна. Применение такого источника возбуждения колебаний позволило зарегистрировать отраженные волны с приемлемым соотношением сигнал/помеха в полосе частот до 200 Гц (рис. 5).

Эффективность разработанного оборудования и технологии его применения подтверждается хорошим качеством материала, полученного при проведении работ на Нижнекамском водохранилище. На рис. 6 приведен пример предварительного временного разреза, полученного в результате полевых работ по разработанной технологии. Качество освещения гео-



Рис. 4. Внешний вид судна-источника.

логического разреза сравнимо с результатами стандартных работ МОГТ на суше.

Ни одна из российских сервисных компаний до этого не бралась за проведение исследований в таких условиях.

Глубины водохранилища на исследуемой площади колебались в пределах от 0,5 до 15 м.

На участках с малыми глубинами (около 35% территории) движение винтовых судов затруд-

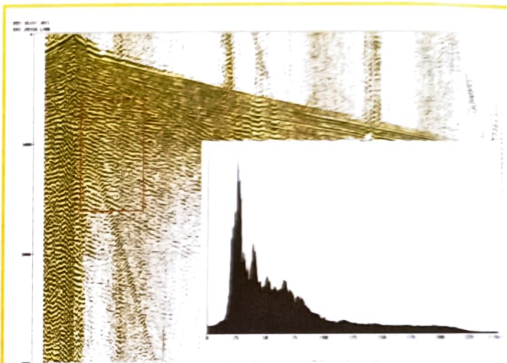


Рис. 5. Сейсмограмма ОТВ и спектр зарегистрированных колебаний.

нено из-за густых зарослей водорослей и отелей, покрытых травой и кустарником.

Всего на территории Нижнекамского водохранилища с применением описанной технологии отработано более 350 пог. км профилей с кратностью перекрытий 120. Производительность работ, в зависимости от погодных условий, в среднем составляла 6–18 пог. км в смену.

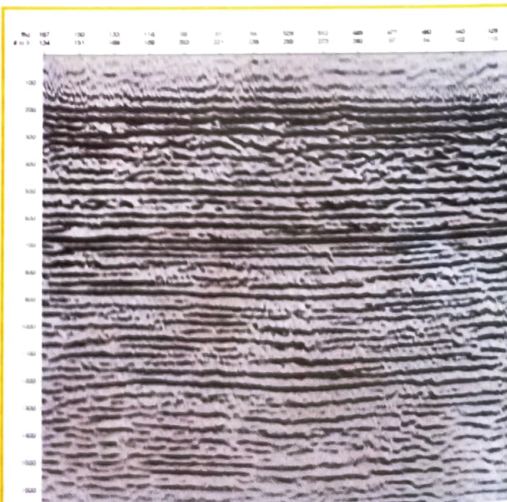


Рис. 6. Пример предварительного временного разреза (по материалам работ на Нижнекамском водохранилище).

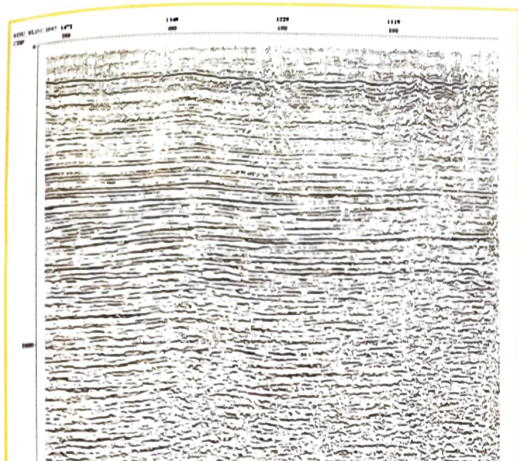


Рис. 7. Пример предварительного временного разреза по криволинейному профилю, отработанному на р. Вятка.

Другой интересный и успешный опыт применения описанной технологии получен компанией «Донгеофизика» в 2007 г. на реке Вятка. По руслу реки было отработано около 130 пог. км криволинейных профилей МОГТ. На рис. 7 приведен фрагмент временного разреза, полученного в результате предварительной обработки полевого материала по криволинейному профилю, проходящему по руслу реки. Приведенные материалы показывают высокое качество и детальность отображения

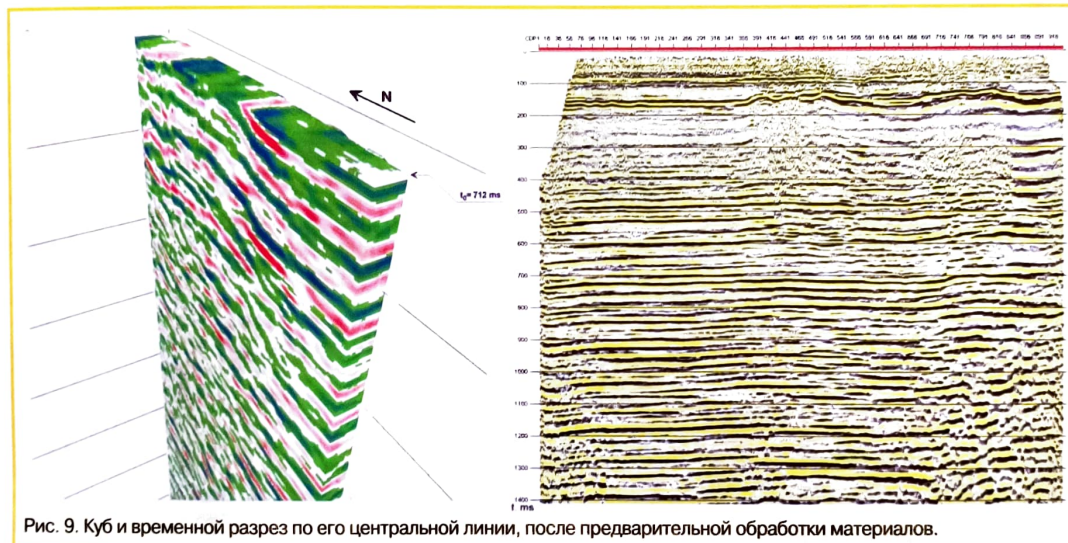


Рис. 9. Куб и временной разрез по его центральной линии, после предварительной обработки материалов.

геологической среды при уверенном прослеживании всех основных и отражающих горизонтов.

На реке Вятка с использованием описанной технологии применения системы XZone® Marsh Line, впервые были проведены 3D работы по системе наблюдений площадного сейсмондирования. Для организации 3D-шаблона использовалась приемная расстановка «змейкой» (рис.8). Источник перемещался в направлении in-line и проводил возбуждение колебаний с интервалом около 10 метров по профилю наблюдений. Начальный и конечный вынос ПВ составлял (где позволяло русло реки) половину длины приемной линии. После полной отработки приемная расстановка сдвигалась по профилю без перекрытия ПП.

В результате проведения работ впервые в

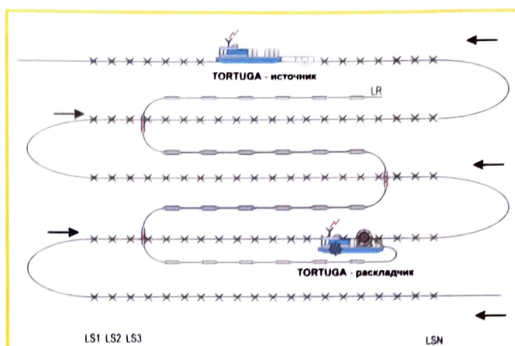


Рис. 8. Расстановка «змейкой», использованная при проведении 3D работ на р.Вятка.

речных условиях получены кондиционные материалы 3D сейсморазведки. На рис. 9 приведен куб и временной разрез по его центральной линии, полученные по результатам предварительной обработки данных. Приведенные материалы подтверждают высокую эффективность освещения исследуемого геологического разреза **с применением данной технологии.**

В завершение необходимо отметить, что разработана эффективная технология проведения 2D и 3D сейсмических исследований для большинства типов строения транзитных зон, что впервые делает возможным проведение таких исследований в промышленных масштабах.

Однако строение транзитных зон в разных климатических и поверхностно-геологических условиях настолько разнообразно, что другой тип строения зон может потребовать нового витка оптимизации технических средств и технологий их применения. В любом случае, до сих пор проведение сейсмических работ в транзитных зонах - это «ручная работа», а всякая разработанная и эффективная технология - это «штучное изделие».

Литература.

1. Баленко С.Н., Крутов А.П. Система XZone® Marsh Line – от испытаний до производственной эксплуатации. «Приборы и системы разведочной геофизики» №1/2005г.
2. Жгенти С. А., Запорожец Б.В. Сбор данных и телеметрия переходных зон. «Приборы и системы разведочной геофизики» №3/2005.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

РАЗУМНЫЙ ВЫБОР ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МОРСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



[IA]IQ

[ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ]

Для удовлетворения все усложняющихся требований к сейсмическим наблюдениям с буксируемой косой, компания ION использует действительно инновационный подход - Intelligent Acquisition™ [IA]. [IA] объединяет традиционно независимые морские технологии в единую систему. Под управлением и контролем программы ORCA™, [IA] обеспечивает совместную адаптацию систем навигации, позиционирования, возбуждения и сбора данных к индивидуальным задачам конкретного наблюдения с буксируемой косой. Совокупность унифицированного оборудования ION обеспечивает более качественные изображения среды при более высоком уровне эффективности.

[IA]Интеллектуальная система. Разумный выбор.

Сделай запрос [IA]IQ сегодня на iongeo.com/IA

ion[™]
MARINE IMAGING SYSTEM

СБОР ДАННЫХ + ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ + УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ

DigiSTREAMER: Новая система сбора морских сейсмических данных, не имеющая аналогов

Джефф Кункельман и Майк Бернхэм, ION Джеофизикал Корпорейшн



Рис. 1. Система DigiSTREAMER – электронный модуль, головная и хвостовая рабочие секции.

получения морских сейсмических данных DigiSTREAMER™ с использованием твердотельных кос. Система разрабатывалась с учетом современных требований по технике безопасности и охране окружающей среды, а также инновационных акустических характеристик для повышения производительности.

Но DigiSTREAMER – это не просто аналог стандартной твердотельной буксируемой косы.

Прогрессивная конструкция отличается рядом новшеств, обеспечивающих преимущества комплексной, хорошо интегрированной системы для морской сейсморазведки.

Повышение качества сейсмического изображения

Низкий уровень собственных помех

Буксируемые косы воспринимают помехи, генерируемые судном, хвостовым буюм и внешним оборудованием позиционирования. При неблагоприятных погодных условиях помехи, производимые косой, часто являются основной причиной простоев. Снижение уровня помех повышает производительность, так как расширяет рабочее погодное окно, снижает затраты на квадратный километр и повышает качество изображения, особенно для глубоко залегающих объектов.

Система DigiSTREAMER отличается низким уровнем собственных помех (примерно 2,7 мБар) при номинальном волнении моря. Диаметр рабочей секции составляет 53 мм и совпадает с диаметром электронного модуля, тем самым, благодаря обтекаемости, значительно облегчается буксировка косы. Запатентованный гелеобразный материал для заполнения секций обеспечивает постоянную и устойчивую плавучесть косы.

Расширенный диапазон частот

Расширенный диапазон очень важен для приема широкого спектра частот и повышения качества изображения.

Аналоговый фильтр высоких частот (2 Гц) обеспечивает максимальную ширину диапазона частот по сравнению с любой существующей на рынке системой регистрации морских сейсмических данных.



Рис. 2. Запатентованный гелевый наполнитель для сейсмической косы

Эволюция отрасли

В настоящее время компании, специализирующиеся в области разведки и добычи нефти и газа, вынуждены удовлетворять растущие потребности отрасли в условиях неуклонно снижающегося количества новых месторождений, дефицита запасов и чрезвычайно высоких затрат.

С целью снижения рисков, связанных с проведением сейсмической разведки, и ускорения разработки месторождений, нефтегазовые компании выбирают подрядчиков в области сервиса, способных обеспечить быстрое получение высококачественных сейсмических данных, на основе которых нефтяные компании могут своевременно провести оценку запасов и принять дальнейшие решения о разработке данного месторождения.

В подобных условиях геофизические подрядчики должны использовать передовые технологии, обеспечивающие лучшее качество и большую достоверность сейсмических данных при одновременном повышении эффективности работ. В частности, при проведении морской сейсморазведки с использованием буксируемых кос, для повышения производительности работ и качества сейсмических данных, необходима надежная и современная система сбора морских сейсмических данных.

Твердотельные буксируемые косы завоевывают рынок

Общеизвестно, что твердотельные буксируемые косы повышают качество изображения среды и экономят время заказчиков, которым требуется провести крупномасштабные морские сейсмические работы. В течение последних лет использование твердотельных буксируемых кос увеличилось вчетверо и сегодня уже почти половина буксируемых кос – твердотельные. Действительно, многие компании считают твердотельные косы единственным правильным решением для оснастки современных сейсморазведочных судов.

Повышение качества сейсморазведочных работ

Стремясь оптимизировать технологию сейсморазведки, компания ION разработала регистрирующую систему нового поколения для



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

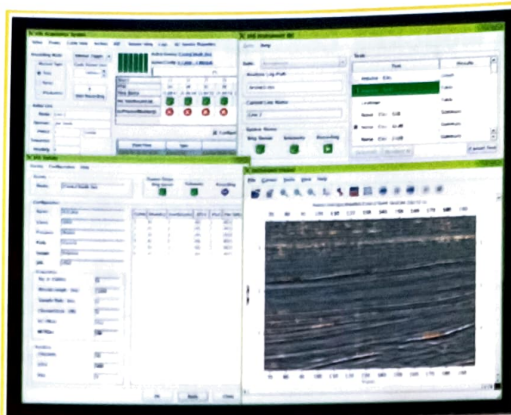


Рис. 3. Автоматические средства контроля качества DigiSTREAMER повышают эффективность работ.

Полностью синхронизированная, непрерывная система сбора данных

Непрерывная запись сейсмических данных с нулевой задержкой обеспечивает возможность получения всех данных, не ограничиваясь фиксированным периодом регистрации. При использовании традиционной системы регистрации необходимо специальное оборудование для получения "отметки момента" от контроллера пневмоисточников и для синхронизации сейсмических данных с временем срабатывания пневмоисточников в реальном времени.

Благодаря непрерывной системе записи данных, DigiSTREAMER устраняет зависимость регистрации "отметки момента" в реальном времени. Такие данные, как информация заголовка могут быть совмещены с сейсмограммой в любое время, уже после получения и записи всех сейсмических данных. При необходимости можно провести "анализ шумов" между точками отстрела или поменять длину записи или изменить дискретизацию уже после регистрации, так как сейсмические данные записываются непрерывно и в полном объеме.

Снижение затрат

Повышение производительности сейсморазведочных работ

Современное сейсморазведочное судно может буксировать более 80 км сейсмического кабеля за бортом. По мере увеличения длины кос особое значение приобретают такие факторы, как возможность увеличения производительности работ не только в нормальных, но и в неблагоприятных погодных условиях. Например, 10%-е повышение производительности может сэкономить на каждом судне миллионы долларов в год.

Система DigiSTREAMER может поддерживать более 20 буксируемых кос при дискретизации 1 мс. Улучшенные акустические характеристики и уникальная конструкция кабеля расширяют погодное окно для проведения работ, тем самым повышая производительность работ. Запатентованная



Рис. 4. Титановый корпус электронного модуля.

акустическая модель сейсмической имеет инновационные особенности и того, улучшенный пользовательский интерфейс и автоматическое средство контроля качества также повышают эффективность работы. Системы массивов дисков для хранения данных (RAID) обеспечивают надежную запись данных, а так же повышенную защиту от потери данных.

Экономическая эффективность

Капиталовложения в системы морского сейсморазведки составляют почти половину от снаряжения современного сейсморазведочного судна. Однако необходимо учитывать не только первоначальные капиталовложения.

Проверенная надежная конструкция системы DigiSTREAMER экономически эффективна как с точки зрения приобретения, так и эксплуатации. Специально разработанные головные и хвостовые секции значительно повышают надежность всего забортного оборудования. Кроме того, использование двух типов рабочих секций уменьшает объем проводов в секции и упрощает конструкцию, снижая до минимума ее диаметр (53 мм), что упрощает эксплуатацию и хранение косы. Патентованная технология гелевого наполнения косы исключает использование изопарового наполнителя и постоянную необходимость балансировки косы. И, наконец, возможность ремонта секций в полевых условиях исключает дорогостоящую транспортировку.

Система DigiSTREAMER – это баланс между технологиями низких рисков и невысоких затрат. Созданная на базе известных конструкций и технологий, система DigiSTREAMER основана на технических решениях с низким уровнем риска, сочетающих существующие и доступные рыночные варианты с наработками опытных конструкторов и производителей.

Повышенная долговечность

Буксируемые косы используются в суровых погодных условиях в течение ряда лет, поэтому необходимо, чтобы система могла надежно работать на протяжении длительного времени и модифицироваться под новейшие технологии.

Секции DigiSTREAMER рассчитаны на 7-летний срок эксплуатации. Корпус электронного модуля, выполненный из титанового сплава, прочнее, легче и более устойчив к коррозии.

Благодаря прогрессивной архитектуре, система может эффективно использоваться в сочетании с последующими разработками. Система телеметрии позволяет подключать дополнительное оборудование, например акустическую систему встроенную внутрь косы, что повышает окупаемость капиталовложений в будущем.

Более низкий уровень рисков в области охраны труда и окружающей среды

Для обеспечения долговечности системы большое значение имеют вопросы защиты персонала, населения и окружающей среды в районе проведения работ. Компания ION разрабатывает и сочетает новейшие технологии по снижению рисков, связанных с технической безопасностью и воздействием на окружающую среду.

Рабочие секции с гелевым наполнителем системы DigiSTREAMER уменьшают экологическое воздействие на окружающую среду.



Рис. 5. Секции с гелевым наполнителем системы DigiSTREAMER более гибки, просты в обращении и снижают риски в области охраны труда и окружающей среды.

Гибкий кабель, малые диаметры, меньший вес и однородный балласт облегчают работу с оборудованием. Кроме того, защита от короткого замыкания повышает безопасность работ на палубе.

Проверенные результаты

Преимущества системы, в частности, качество изображения среды и удобство в эксплуатации, уже оценила компания Fugro-Geoteam, успешно использовавшая систему сейсморазведки DigiSTREAMER, разработанную ION. Выполняя 2D сейсморазведку в рамках коммерческой программы в Северном море, Fugro-Geoteam подтвердила прекрасные акустические характеристики системы, получила высококачественные сейсмические данные, убедилась в простоте эксплуатации и эффективности системы.

В течение четырех первых месяцев эксплуатации с апреля 2008 года было зафиксировано лишь несколько часов простоя системы. Свейн Дейл, технический менеджер Fugro-Geoteam, отзываясь о ней так: «Поставка, установка и мобилизация системы DigiSTREAMER компании ION проводились по графику и с апреля месяца она эксплуатируется постоянно».

Заключение и перспективы

Системы твердой буксируемой косы для сейсморазведочных работ позволяют повысить качество данных и производительность работ. Система DigiSTREAMER от ION – твердая буксируемая коса с пониженным уровнем шумов, обладающая рядом преимуществ по сравнению со своими аналогами. Используя технологию

«интеллектуальной сейсморазведки» (IA), компания ION совершила революционный шаг в развитии морской сейсморазведки с помощью буксируемых кос. Интегрируя традиционно самостоятельные аспекты сейсморазведочных работ, такие как навигация, позиционирование, возбуждения и прием сигналов, технология интеллектуальной сейсморазведки обеспечивает эффективное управление и высокую гибкость программного обеспечения и

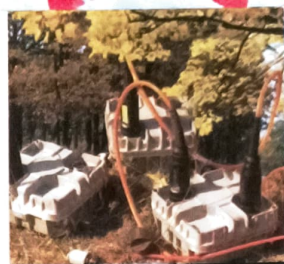
оборудования. В результате удается получить изображения лучшего качества при более высокой производительности и в соответствии с самыми строгими требованиями заказчика.

Система DigiSTREAMER – основной элемент используемой ION технологии «интеллектуальной сейсморазведки» – обеспечивает необходимый баланс между акустическими характеристиками, стоимостью покупки и эксплуатации, а так же требованиями в области охраны труда и окружающей среды. О том, что инженерам удалось достичь поставленных целей и обеспечить необходимые преимущества системы, свидетельствует успешное внедрение системы компанией Fugro-Geoteam и полученные результаты работ.

В условиях все возрастающих требований к качеству изображения и производительности работ при проведении морской сейсморазведки компания ION создает технологии будущего, превосходящие все современные достижения.



Рис. 6. Установка DigiSTREAMER на судно компании Fugro-Geoteam в апреле 2008 года.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕИШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Опыт применения пневмоисточников сейсмических колебаний серии «Альт» для изучения строения ВЧР

Сидоренко П.Ф., Глазков, А.М., Глазков М.А., ЗАО «НПЗПГ», г. Волгоград, Болдырева Т.А., ЗАО «ГК ДЕЛЬТА-ЛОТ», г. Саратов

Изучение верхней части геологического разреза (ВЧР) является обязательной составляющей сейсморазведки при поисках месторождений нефти и газа. Для исследования ВЧР применяются различные геологические и геофизические методы (геологического картирования, каротажа, электроразведки, геоакустики и др.). При сейсморазведочных работах традиционно используется методы прямого и обращенного микросейсмокаротажа (МСК) в буровых скважинах, вскрывающих зону малых скоростей (ЗМС), а также преломленных волн (МПВ). Данные методики позволяют достаточно эффективно детализировать ВЧР по скорости прохождения упругих колебаний в горных породах. При этом чаще всего применяется взрывной способ возбуждения сейсмических волн, учитывая его простоту и геологическую эффективность. В то же время известно, что взрывная технология имеет ряд существенных недостатков, отрицательно влияющих на экономическую эффективность и безопасность работ. В частности, к ним относится сложность организации работ, требующих многоуровневого согласования с органами МВД и ФСБ вопросов использования, перевозки, хранения ВМ (1).

Проблема использования для изучения ВЧР источника без применения взрывной технологии является особенно актуальной при ведении региональных работ МОГТ на профилях большой протяженности расположенных зачастую на территории различных субъектов РФ. В таких условиях организация взрывных работ существенно усложняется. А если сейсморазведочные работы МОГТ осуществляются с использованием виброисточников, решение задачи исследования ВЧР взрывными методами попросту затруднительно и накладно.

Одним из способов невзрывной технологии в скважинах и шпурах является применение пневмоисточников серии, «Альт» разработанных в «ГК ДЕЛЬТА-ЛОТ», г. Саратов. ЗАОр «НП «Запприкаспийгеофизика» уже на протяжении 2-х лет успешно применяет их при сейсморазведочных работах, проводимых в различных сейсмогеологических и климатических условиях на территории Волгоградской, Саратовской и Ростовской областей.

Источники серии «Альт» предназначены для возбуждения сейсмических колебаний с использованием выхлопа сжатого до высокого давления воздуха при проведении МПВ в шпурах и обращенного МСК в необсаженных скважинах и входят в состав сейсморазведочного комплекса ВЧР 07/02, включающего в себя, кроме собственно пневмоисточников «Альт-05/65» и (или) «Альт-1,5/110», сейсморегистрирующую аппаратуру и различное вспомогательное оборудование, в том числе:

- пульт управления;
- компрессор с ресивером;
- генераторную установку;
- лебедку с телескопической стрелой и направляющим роликом;
- пневмомагистраль и линию электрической связи пневмоисточника с пультом управления;

- антиаварийное устройство для извлечения пневмоисточника из скважины в случае ее обрушения ее стенок и т.п.;
- отопитель, кондиционер и другие аксессуары улучшающие условия работы и отдыха обслуживающего персонала.

В настоящее время сейсморазведочные комплексы ВЧР 07/02 оснащены две сейсморазведочные партии ЗАОр «НПЗПГ».

На начальном этапе эксплуатации этих изделий были проведены опытные работы по изучению верхней части разреза различными методами (МСК и МПВ). В последнем случае вопросов по качеству и по производительности работ не возникало. Отметим, что по сейсмической эффективности (интенсивности регистрируемого волнового поля) материал, получаемый с использованием пневмоисточника «Альт-1,5/112», соответствует таковому при взрыве 0,2кг ВВ в шпурах глубиной 2 метра.

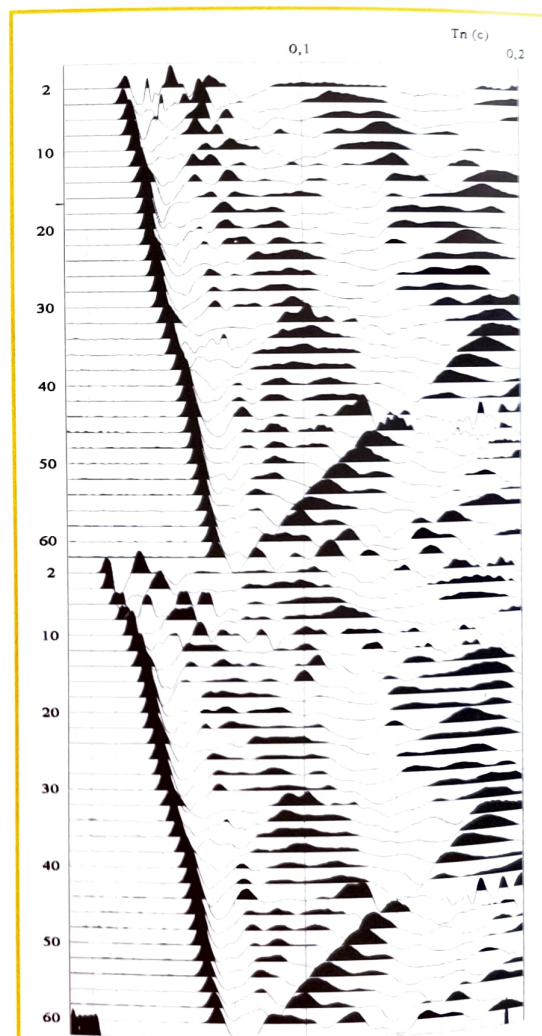


Рис 1. Вертикальный годограф обращенного МСК в условиях Прикаспийской впадины (пневмоисточник «Альт»-0,5/65, глубина 60м., удаление от устья скважины 10 и 5м, соответственно).

что касается МСК, то в районах с относительно благоприятными, с точки зрения бурения, условиями, также не было вопросов. Качество материала не вызывало сомнений, а производительность работ сдерживалась лишь временем подготовки скважин. Однако, ЗАОр «НПЗПГ» достаточно большой объем работ проводит на площадях (например, Саратовское Правобережье) с чрезвычайно сложным строением верхней части геологического разреза и большой мощностью ЗМС, достигающей 100 м и более и характеризующихся чередованием неустойчивых и весьма неустойчивых пород с жесткими плитами. Здесь нередки интервалы с полным поглощением промывочной жидкости, встречаются пласты, своеобразные «акустические дыры», где наблюдается интенсивное поглощение сейсмических волн при возбуждении упругих колебаний в непосредственной от них близости. Все это резко осложняет как бурение скважин, требуя для этого привлечения специальных средств, так и постановку МСК. Достаточно отметить, что количество аварийных ситуаций и утраченных «детонаторных кос» в том же Саратовском Правобережье учету не поддается. В этой связи нас особенно интересовало поведение новых источников именно в районах с таким «букетом разнообразных сюрпризов».

Стоит отметить, что начало работ с пневмоисточником «Альт»-0,5/65 в Саратовском Правобережье было встречено частью опытных полевиков с настороженностью. Однако достаточно быстро опасения стали меняться на уважительное отношение к новому изделию. Причиной тому было, во-первых, надежная работа устройства; во-вторых, возможность получения с его помощью вполне кондиционного материала в «сухих» скважинах, что при работе с электродетонаторами возможным не представляется; в-третьих, прибор транспортировался на забой скважины и обратно даже при обрушениях стенок скважин, для чего он переключался в специальный режим работы.

Благожелательное отношение к новому изделию уже не изменилось даже после утраты нескольких его экземпляров. Последнее произошло в следствии «катстрофических» обру-

шений скважин. Однако, с течением времени, был закрыт и этот вопрос, благодаря некоторой модернизации пневмоисточников и разработанных и изготовленных в ГК «Дельта-ЛОТ» антиаварийного и ловильного устройств. Кстати, в дальнейшем с помощью ловильного устройства из обрушенных скважин были извлечены и утраченные приборы.

Поглощение сейсмических волн, имеющее место в отдельных случаях, компенсировалось, как и прежде, путем увеличения мощности источника. Если при работе с ЭДС для этого наращивалось количество электродетонаторов, то при работе с пневмоисточником поднималось его рабочее давление, благо конструкция последнего позволяет осуществлять такой переход достаточно просто без потери точности синхронизации ($\pm 0,1$ мсек).

На рис 1, 2 приведены сейсмограммы, иллюстрирующие качество материала, полученного с помощью пневмоисточника «Альт»-0,5/65.

Сравнение сейсмограмм, полученных с использованием взрывной технологии и с применением пневмоисточника, показывает, что они по всем геофизическим требованиям и параметрам, предъявляемым МСК, являются взаимозаменяемыми.

В результате опытной эксплуатации и внедрения пневмоисточников при работах методом обращенного МСК были успешно решены все поставленные производством задачи. В настоящее время пневмоисточники серии «Альт» работают в устойчивом режиме в сейсмопартиях, оснащенных вибраторами.

Таким образом, внедрение пневмоисточников в ЗАОр «НП «Запrikaский геофизик» позволило в настоящее время полностью отказаться от использования ВВ при изучении верхней части геологического разреза методами МСК и МПВ в сейсмопартиях, использующих при сейсморазведочных работах МОГТ вибрационные источники.

Литература:

1 Колосов Б.М., Спиров Г.М. Технология изучения строения ВЧР с новым электроимпульсным источником «КУМИР»: Приборы и системы разведочной геофизики, №3, 2007, С40-44.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

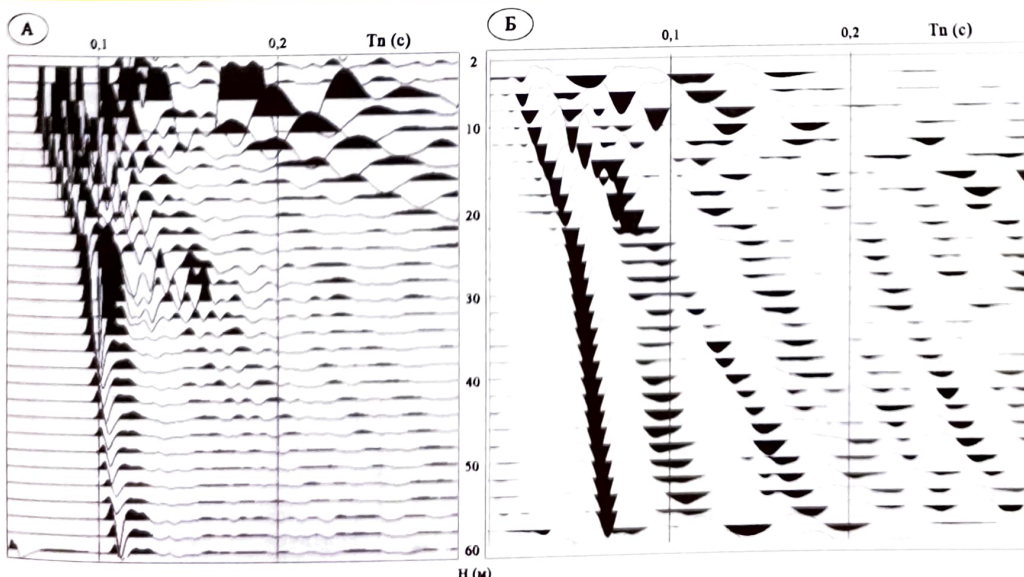
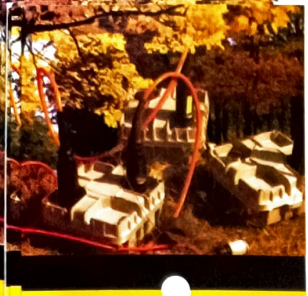


Рис.2 Вертикальные годографы обращенного МСК
(а — взрывной источник — ЭДС, б — пневмоисточник «Альт»-0,5/65)



Измерение пористости горных пород в методе акустического каротажа

Гик Л.Д., г. Новосибирск

Введение.

Трещины и поры горных пород играют определяющую роль в факторе содержания углеводородов нефтегазовых месторождений. К сожалению, измерение пористости и проницаемости пород-коллекторов прямым путем, при котором данный параметр непосредственно является выходной величиной эксперимента, для геофизических методов представляет собой трудную задачу. На практике находят широкое применение косвенные методы, в которых используется зависимость какого-либо физического параметра (обычно электрического сопротивления или скорости звука) от пористости. Измерение такого промежуточного параметра и последующая интерпретация пористости по данным его сравнения с некоторым «эталоном» и составляют косвенный метод измерения. Хотя такой путь находит повсеместное применение в производственной практике, он не уменьшает интереса к поиску прямых методов измерения, для которых выходной сигнал был бы прямо связан (желательно пропорциональной зависимостью) с параметром пористости, поскольку прямой путь измерения лишен ошибок, неизбежно сопровождающих любые косвенные методы измерений. В решении проблемы проницаемости в настоящее время наметился существенный прогресс, в связи с изобретением метода, основанного на мониторинге процесса проникновения бурового раствора в околоскважинное пространство [1,2]. Что же касается прямого пути измерения пористости, то его поиск для метода акустического каротажа является целью настоящей работы.

Механизм затухания сейсмических волн в пористых горных породах на принципе рассеивания-переизлучения сейсмических волн инерционными силами, возникающими при волновом движении «мягких» микронеоднородных включений (пор и трещин). Из двух возможных параметров горных пород сейсмической скорости и затухания в разведочной геофизике аномальные проявления в подавляющем большинстве случаев используются для параметра сейсмической скорости; параметр затухания находит применение значительно реже [3]. Однако в Институте геофизики СО РАН на основе использования средств ультразвукового сейсмического моделирования ранее была выполнена серия экспериментальных работ, которые показали, что декремент затухания обладает значительно более высокой чувствительностью к параметру пористости, чем сейсмическая скорость [4]. К сожалению, связать результаты проводимых экспериментов с выводами теоретических исследований в то время не удалось. Дело в том, что в классических работах по акустике центральное место занимают труды по изучению закономерностей распространения волн в газах (акустика помещений) и жидкостях (гидроакустика). В обобщающих трудах, например энциклопедической монографии [5], обзор достигнутых результатов, касающихся изучения закономерностей затухания звуковых волн, ограничивается объектами, представляющими собой жидкую вмещающую среду и микронеоднородные включения очень малых размеров.

В новейших геофизических исследованиях, выполненных Л.А. Молотковым, А.В. Бакулиным,

Дж. Хадсоном и др. [6-9], теоретический затухания проводился на основе использования значительных упрощений и приближений, существенно изменяющих реальную физику распространения звуковых волн в горных породах. Например, Хадсоном для того, чтобы реализовать приближенное решение уравнения движения обтекающей жидкости, микронеоднородные включения рассматривались в виде эллипсоидов вращения, что по отношению к порам и трещинам нефтегазовых коллекторов является несомненно упрощением.

Закономерности рассеивания звуковых волн в горных породах, изучаемые теоретическими исследованиями, были нацелены, в первую очередь, на вторичные волны, переизлученные сравнительно крупномасштабными элементами [9], а не на исходный зондирующий сигнал, несущий основную информацию в методе акустического каротажа. Главный вывод в [9] сводился к факту очень малой величины уровня волн, обусловленных объектами, имеющими размеры, много меньшие длины волны зондирующего сигнала.

Важный для акустического каротажа вопрос закономерности затухания зондирующей волны

был предметом изучения в работах, выполнявшихся ранее нами средствами ультразвукового моделирования. Было установлено, что механизм вязкого трения, являющийся главным предметом изучения геофизиков (см., например [6-8]), хотя и присутствует при затухании сейсмических волн в высокопористых горных породах, но играет второстепенную роль. Вот некоторые факты, подтверждающие данное свойство. Замещение внутри трещин и пор маловязкой воды нефтью, обладающей большой величиной вязкости, слабо сказывается на затухании, а замещение любой жидкости газом, обладающим очень малой вязкостью, приводит не к уменьшению, а даже к увеличению затухания.

Анализ экспериментальных фактов привел нас к выводу о том, что главной причиной значительного затухания сейсмических волн в пористых и трещиноватых горных породах является эффект их рассеивания вследствие возникновения силового поля на «мягких» микронеоднородных включениях, хаотически расположенных внутри нефтегазового коллектора.

Чтобы показать это, рассмотрим волновое поле, возникающее при зондировании пористой геоакустической среды плоской гармонической звуковой волной, имеющей колебательную скорость $u' \sin(2\pi ft)$. Такой волне соответствует ускорение $u'' = 2\pi f u'$ и давление $p = u' \rho V_0$ см, например, [5]. Здесь V_0 и ρ_0 — сейсмическая скорость и плотность среды. Зависимость давления от колебательной скорости в акустике иногда именуется «акустическим законом Ома».

Некоторый i -й элемент рассматриваемой среды, имеющий объем V_i и соответствующую массу $m_i = \rho_i V_i$, в результате воздействия ускорения u'' действует на вмещающую среду силой $F_i = m_i \times u''$. Согласно условию хаотичного распределения в среде микронеоднородных включений, а значит и вторичных силовых источников, последние являются независимыми

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ми. Каждый силовой источник излучает колебательное смещение $u_i = F_i / (4\pi\rho v^2 R)$, что физически означает отбор энергии от исходной зондирующей волны, а значит и возникновение затухания, величину декремента которого можно определить следующим образом.

Уменьшение амплитуды волны $d(u'(dl))$ на малом пространственном интервале dl может быть выражено как следствие перепада давления $d(p(dl))$ и на основании акустического закона Ома при величине волнового сопротивления ρV_0 оказывается равным

$$d(u'(dl)) = d(p(dl)) / (\rho_0 V_0) \quad (1)$$

Перепад давления $d(p(dl))$ является результатом действия суммы элементарных источников сил F_i на пространственном интервале dl :

$$d(p(dl)) = (1/S) \sum_{N(S,dl)} F_i = (1/S) [(2\pi fu') \times K_{пор}(Sdl)(\rho_0 - \rho_i)] \quad (2)$$

Здесь $N(S,dl)$ – количество элементарных силовых источников F_i в объеме пространства распространения волны (Sdl) , $K_{пор}$ – коэффициент пористости и $\rho_0 - \rho_i$ – разность между плотностью вмещающей горной породы ρ_0 и плотностью внутрипорового флюида ρ_i .

Далее, переходя от малого пространственного интервала dl к интервалу распространения волны конечной протяженности L , получаем:

$$u'(L) = u'(0) \times [1 + d(p(dl)) / (\rho_0 V_0)]^{(L/dl)}$$

Принимая во внимание, что для малых аргументов любой функции x справедливо соотношение $\exp(x) \sim 1 + x$ и, следовательно, $(1+x)^N \sim \exp(Nx)$, а также, учитывая выражение для длины волны $1/\lambda = f/u'$, получаем

$$u'(L) = \lim_{dl \rightarrow 0} (1 + dl)^{(L/dl)} = u'(0) \exp[2\pi f(K_{пор}(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0)(L/\lambda)] \quad (3)$$

В акустике традиционным выражением эффекта затухания плоской волны является экспоненциальное соотношение, которое обычно представляется в виде:

$$u'(L) / u'(0) = \exp(-Q^{-1}L/\lambda) \quad (4),$$

где Q^{-1} – декремент затухания. Сопоставление (4) с (3) показывает их тождественность при значении декремента, равном

$$d(Q^{-1}) = 2\pi (K_{пор}(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0) \quad (5)$$

Таким образом, декремент затухания пористых горных пород может быть выражен как произведение коэффициента пористости на относительную величину плотности внутрипорового флюида $(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0$. Обратим внимание на тот факт, что ни размеры, ни тем более форма микронеоднородных включений не оказывают влияния на величину декремента.

Выражение (5) можно преобразовать таким образом, чтобы было удобным сравнение чувствительностей методов измерения коэффициента пористости, основанных на использовании влияния данного параметра как на затухание $d(Q^{-1}[K_{пор}]) / Q^{-1}[K_{пор}]$, так и на колебательную скорость $d(u'[K_{пор}]) / u'$. Действительно, разделив обе части равенства (5) на $Q^{-1}[K_{пор}]$, получаем:

$$d(Q^{-1}[K_{пор}]) / Q^{-1}[K_{пор}] = 2\pi [K_{пор}] \times Q[K_{пор}]$$

Здесь относительная величина плотности

внутрипорового флюида для простоты принята равной единице $(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0 \sim 1$. Как видно, относительное изменение декремента в функции коэффициента пористости пропорционально добротности горных пород. Известно (см., например, [3]), что аналогичное соотношение для колебательной скорости имеет вид $d(u'[K_{пор}]) / u' = K_{пор}$. Таким образом, чувствительность по скорости оказывается меньше в Q раз. Поскольку горные породы в подавляющем своем большинстве являются высокодобротными средами, то данное обстоятельство означает существенное преимущество методов, использующих для измерения коэффициента пористости декремент затухания.

У реальных горных пород относительная величина плотности внутрипорового флюида изменяется в сравнительно узких пределах – от $\rho_i \sim 0$ (у газа) до $\rho_0 \sim 1$ г/см³ (у воды). Поэтому максимальное относительное изменение $(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0$ составляет не более 30%. Это обстоятельство затрудняет диагностику вещественного состава внутрипорового флюида (определение либо газа, либо жидкости) по параметру затухания. Поэтому в данном вопросе электромагнитные методы имеют преимущество перед акустическими.

Мы выше не учитывали ту исходную величину затухания, которая имеет место в «сплошной» (лишенной пор) геоакустической среде, полагая, что $Q^{-1}[K_{пор} \rightarrow 0] \rightarrow 0$. В нефтегазовой геофизике такое допущение является близким к истине практически всегда, поскольку декремент затухания консолидированных горных пород обычно не превышает нескольких сотых: $Q^{-1}[K_{пор} \rightarrow 0] < 0,05$. К этому следует добавить, что имеется возможность ввести поправку на затухание волн в сплошной среде, используя статистическую взаимосвязь между декрементом и сейсмической скоростью сплошных горных пород. Данная зависимость может быть аппроксимирована (см. любой геофизический справочник) эмпирическим соотношением $Q^{-1}(K_{пор} = 0) \sim K_Q / v$, где v – скорость звука, а K_Q – эмпирический коэффициент. Поскольку величина сейсмической скорости v обычно бывает хорошо известна, то учет исходной величины декремента $Q^{-1}(V, K_{пор} = 0)$ может быть произведен, что и позволяет уточнить ту долевую часть декремента, которая вносится пористостью среды в суммарную его величину $Q^{-1}_{\Sigma} : Q^{-1}_{пор} = Q^{-1}_{\Sigma} - Q^{-1}(K_{пор} \rightarrow 0)$.

С целью изучения закономерностей, определяющих влияние пористости горных пород на затухание сейсмических волн нами ранее [4, 10] была проведена серия лабораторных экспериментов средствами физического (ультразвукового) моделирования. Для этого была изготовлена группа физических моделей, содержащих микронеоднородные включения (поры), заполненные либо газом, либо жидкостью (нефтью или водой). Эксперименты проводились как с двумерными (листовыми), так и трехмерными (объемными) моделями. Двумерные модели строились на основе тонкого листового алюминия. Такие модели являются эквивалентом двумерной (цилиндрической) вмещающей среды. Микронеоднородные газонаполненные включения имитировались просечками в теле листа.

Основной вид трехмерных (объемных) моделей изготавливался по принципу смеси пенопла-



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

стовых гранул и эпоксидной смолы. Такие модели соответствуют горным породам, содержащим газонаполненные поры. При размере пенопластовых гранул порядка 1-4 мм и длине волны зондирующего сигнала 5-50 мм достигается условие малости размеров микронеоднородных включений по отношению к длине волны зондирующего сигнала, которое имеет место в натуральных условиях.

Модели изготавливались в виде прямоугольных блоков, имевших размеры 250x250x28 мм³. Пенопластовые включения изготавливались в виде гранул, имевших размеры порядка 1x1x1,5 мм³. Были изготовлены четыре блока, в которых коэффициенты пористости были равными $K_{пор} = 0, 8; 16 \text{ и } 23 \%$. Эксперименты проводились на продольных волнах. Каждый блок помещался в водную среду, в которой осуществлялось его «просвечивание» ультразвуковой волной. Центральная частота зондирующего импульса выбиралась в пределах $f \sim 130-300 \text{ кГц}$. При этом длина волны в эпоксидной смоле составляла величину $\lambda = V/f = 5,7 - 13 \text{ мм}$. Полученные результаты измерения сведены в таблицу.

Эксперимент показал качественное соответствие величин декремента затухания, полученной в эксперименте, приведенным выше аналитическим выражениям.

$K_{пор}$	0	0,08	0,16	0,23
$Q^{-1}_{теор} = 2\pi \times K_{пор}$	0	0,5	1,0	1,45
$U_{воды} / U_{пор}$	1,03	2,18	4,75	3,9
$f_{вид} \cdot \lambda_{вид}$	140 гц 14,3 мм	187 гц 14,35 мм	140 гц 19 мм	140 гц 19,5 мм
$Q^{-1}_{эксп} = (\lambda_{вид} / L) \times \ln(U_{воды} / U_{пор})$	0,015	0,4	1,08	0,94

Изучение трещин и пор зондируемой среды стандартными зондами акустического каротажа. Типичная для производственной практики конструкция зонда акустического каротажа представляет собой источник звуковых (или ультразвуковых) волн и два приемника зондирующего сигнала. Внутри стального корпуса помещается магнитострикционный источник и на некотором удалении от него два геофона (пьезоэлектрических приемника звуковых сигналов). Расстояние между источником и ближним геофоном чаще всего выбирается в пределах $L_1 = 1-2 \text{ м}$. Расстояние между геофонами обычно составляет $L_2 = 0,4 \text{ м}$.

В производственных условиях акустические параметры зондируемой среды обычно определяются на пространственном интервале базы L_2 . Скорость звука, как правило, измеряется простейшим путем – как отношение базы L_2 к интервалу времени распространения волны $t_2 - t_1$: $V = L_2 / (t_2 - t_1)$. Декремент затухания – как результат уменьшения амплитуды волны, реже – как результат увеличения видимого периода. Используемая в зондах база наблюдения L_2 имеет сравнительно малую длину, что делается в целях повышения пространственного разрешения тонкослойной геоакустической среды, но точность измерения скорости распространения волны V и декремента затухания Q^{-1} при этом ограничивается.

Рассмотрим соотношения, определяющие

декремент затухания для стандартного акустического каротажа. Зондирующий создается силовым источником F , обычно магнитострикционным, режущим пьезоэлектрическим. Под его влиянием возникает звуковая колебательная скорость которой на основании закона Ома может быть выражена соотношением $u'(0) = F/Z_0$. Здесь Z_0 – волновой импеданс вблизи источника. Полагаем, что геоакустической средой, окружающей источник, является буровой раствор. Волна проникает за пределы корпуса зонда в горную породу, окружающую скважину. Значение Z_0 можно выразить соотношением:

$$u'(L=0) = u'(0) K_{прох}$$

Здесь $K_{прох}$ – коэффициент прохождения, который можно выразить соотношением:

$$K_{прох} \sim Z_0 / (Z_0 + Z_{гп}) \approx (1 - Z_0 / Z_{гп})$$

где $Z_{гп}$ – волновой импеданс зондируемой горной породы, который обычно существенно превышает акустический импеданс бурового раствора, т.е. $Z_0 \ll Z_{гп}$. Далее волна распространяется в зондируемой горной породе, испытывая при этом процесс расхождения $K_{расх}$ и затухания, т.е. поглощения и рассеивания K_0 . Процесс расхождения для источника малых размеров в однородной среде можно выразить соотношением $K_{расх} \sim L_s/L$, где L_s и L – размеры источника и интервала распространения волны. Обычно $L_s \ll L$.

Функцию затухания плоской волны в соответствии с (3)-(4) и разложением экспоненциальной функции в степенной ряд при условии $Q^{-1}L/\lambda \ll 1$ может быть записано:

$$K_Q = \exp(-Q^{-1}L/\lambda) \sim 1 - Q^{-1}L/\lambda$$

В итоге общее выражение для распространения акустической волны на пространственном интервале L может быть представлено в виде:

$$u'(L) = u'(0) \times K_{прох} \times K_{расх} \times \exp(-Q^{-1}L/\lambda) = (F/Z_0) \times (1 - Z_0/Z_{гп}) \times K_{расх} \times (1 - Q^{-1}L/\lambda) \quad (6)$$

Колебательная скорость на удалении L от источника $u'(L)$ фактически является выходным сигналом зонда. Выражение для декремента с учетом приведенных выше соображений, касающихся ослаблений амплитуды зондирующего сигнала при прохождении через корпус зонда, а также за счет расхождения, исходя из соотношений (4) и (6) может быть представлено в виде:

$$Q^{-1} = (\lambda/L) \times \ln((u'(0) \times K_{прох} \times K_{расх}) / u'(L)) \quad (7)$$

Использование приближения экспоненциальной функции затухания степенным рядом в выражении (6) приводит к линейной зависимости выражения декремента Q^{-1} :

$$Q^{-1} = (\lambda/L) [1 - (u'(L) / ((F/Z_0) \times (1 - Z_0/Z_{гп}) \times K_{расх}))] \quad (8)$$

Такая зависимость несколько упрощает его интерпретацию по материалам графического изображения картины волнового поля.

Из (7) и (8) видно, что отношение L/λ фактически представляет собой чувствительность зонда к параметру декремента затухания, поскольку $Q^{-1} / u'(L) \sim (L/\lambda)$. Из этого следует заключение о существовании оптимума в величине параметра чувствительности $Q^{-1}/u'(L)$.

Действительно, излишнее уменьшение L/λ во имя улучшения линейности измерения ведет к потере чувствительности. Поэтому в качестве компромисса между тенденцией повышения чувствительности и стремлением сохранения линейности измерения целесообразно строить зонд таким образом, чтобы соотношение между длиной волны зондирующего сигнала λ и его базой наблюдения L соответствовало условию $Q^{-1}L/\lambda \sim 1$ или иначе $L/\lambda \sim Q$. Этому условию соответствует частота зондирующего сигнала $f \sim VQ/L$. Увеличение частоты зондирующего сигнала выше указанного оптимума приводит к уменьшению величины выходного сигнала зонда $u'(L)$, что ухудшает его отношение по сравнению с аддитивным шумом $u'_{ш}$, всегда имеющим место на входе измерительной и регистрирующей аппаратуры зонда.

Представляет интерес сопоставление различных вариантов выборов базы зондирования L . Максимальной длине базы соответствует использование в качестве входной величины (параметра, оценивающего уровень зондирующей волны на начальной части траектории зондирования) – отношения возбуждающей силы F к волновому импедансу бурового раствора Z_0 в сочетании с приемом выходного сигнала дальним геофоном I_2 . Поскольку данному варианту соответствует максимальная величина отношения L/λ , то он оказывается привлекательным, когда частота зондирующего сигнала имеет величину существенно меньшую оптимальной величины $f \sim VQ/L$. Однако в данном варианте возбуждающая сила F и волновой импеданс Z_0 не измеряются в процессе зондирования, что заставляет использовать априорную информацию об их значениях. В данном варианте не осуществляется контроль коэффициентов прохождения сигнала через корпус зонда и коэффициента расхождения волны в зондируемой среде. Все это является причиной возникновения некоторых погрешностей.

Указанные обстоятельства не исключают применения данного варианта изучения коэффициента пористости в практике акустического каротажа. Действительно, погрешности в оценке величины $u'(0) = F/Z_0$ могут быть уменьшены усреднением данных измерения декремента по всему стволу скважины. Здесь очень существенно и то, что величина декремента для подавляющего большинства сплошных (лишенных пор) горных пород является малой величиной – менее $Q^{-1} \sim 0,05$, в то время как присутствие пор малой плотности в десятки раз увеличивает эту величину, что непосредственно следует из (4). Поэтому применение соотношения (6) для выделения нефтегазовых коллекторов средней и тем более значительной величины пористости ($K > 0,05$) по критерию скачка декремента затухания с использованием усредненных по длине ствола скважины параметров сигнала – это рациональный метод проведения акустического каротажа. Именно такой путь позволил нам реализовать измерение декремента и коэффициента пористости в некоторых практических условиях [10].

Другой вариант выбора базы зондирования – это использование в качестве входного значения волны сигнала в ближнем геофоне P_1 , а в качестве выходного значения – сигнала в дальнем геофоне P_2 . В этом варианте неопределенности в параметрах $u'(0) = F/Z_0$ и $K_{\text{проп}}$ исключаются, что уменьшает число вносимых погрешностей. Однако база зондирования по сравнению с рассмотренным выше вариантом ее максимальной

величины уменьшается в 4-5 раз, что во столько же раз уменьшает чувствительность зонда, увеличивая этим влияние аддитивных шумов зондирующего сигнала.

Некоторые нетрадиционные пути измерения декремента затухания. Трудности учета ослабления зондирующей волны при ее прохождении через корпус зонда и при расхождении в исследуемой среде являются причинами поиска таких методов измерения характеристик затухания, в которых указанные явления не оказывали влияния на конечный результат – величину декремента. Здесь, в первую очередь, привлекает внимание эффект изменения спектра зондирующего сигнала. Действительно, из (6) непосредственно видно, что спектр зондирующего сигнала линейно падает при возрастании частоты. Поскольку спектр сигнала не влияет ни на его прохождение через границу раздела сред, ни на «степень» расхождения волны, то путь измерения декремента, основанный на использовании спектрального разложения зондирующего сигнала, свободен от недостатков, свойственных методу, использующему соотношение (8). Однако, развитие такого метода – это не простая самостоятельная проблема. Дело в том, что спектральный анализ любой функции, имеющей жесткое ограничение временными рамками с двух сторон, является «тонким» процессом, требующим учета целого ряда факторов. Поэтому в данной работе мы ограничиваемся одним частным случаем – попытке измерения декремента на основе эффекта снижения «видимого» периода зондирующего сигнала, имеющего место при его распространении в геоакустической среде с затуханием. Поскольку на спектр сигнала практически не влияет его ослабление при прохождении через корпус зонда и при расхождении волны в исследуемой геоакустической среде, то представляется логичным попытка связать величину «видимого» периода с декрементом затухания. Анализ зависимости декремента от удлинения «видимого» периода $\Delta(T_B)$ на временном интервале распространения волны t_L приводит к соотношению [10]:

$$Q^{-1} \sim (\pi f_c / \Delta f)^2 (\Delta(T_B) / t_L) \quad (9)$$

Здесь Δf – ширина частотной полосы зондирующего сигнала, $f_c \cong 1/T_B$ – центральная частота спектра. Как видно из (9), декремент затухания является функцией приращения «видимого» периода. При этом относительная величина частотного спектра зондирующего сигнала $\Delta f / f_c$ играет роль чувствительности метода. К сожалению, функция измерения (9) является квадратичной, что является недостатком ее применения для практических измерений.

Коротко рассмотрим другой путь оценки характеристик затухания в методе акустического каротажа, основанный на использовании отношения амплитуд продольной и поперечной волн зондирующего сигнала U_p/U_s . Достоинством данного метода, предложенного В.З. Кокшаровым и др. [11], является технологичность в работе, поскольку в качестве выходных параметров данный метод требует измерения только амплитуд продольной U_p и поперечной U_s волн, выполняя интерпретацию зондируемого разреза по отношению U_p/U_s этих величин. К сожалению, авторы не приводят физического объяснения предложенного ими метода. Попытаемся восполнить этот пробел. Воспользуемся выражениями для амплитуд продольной и поперечной волн сигнала акустиче-



ского каротажа в виде:

$$U_p(L) = U_p(0) \times K_{\text{ПИС}} \times \exp(-Q_p^{-1}L/\lambda_p) \quad (10)$$

$$U_s(0) = U_p(0) \times K_{\text{ПС}}$$

$$U_s(L) = U_s(0) \times K_{\text{ПИС}} \times \exp(-Q_s^{-1}L/\lambda_s) \quad (11)$$

Здесь $U_p(0)$, $U_s(0)$, $U_p(L)$ и $U_s(L)$ – амплитуды продольной и поперечной волн на удалениях $L=0$ и L соответственно, Q_p^{-1} и Q_s^{-1} – декременты затухания продольной и поперечной волн, λ_p и λ_s – длины продольной и поперечной волн, $K_{\text{ПС}}$ – коэффициент обмена продольной волны в поперечную. На основании (10) и (11) получаем:

$$\begin{aligned} U_p(L)/U_s(L) &= K_{\text{ПС}} \times \\ &\exp(-Q_p^{-1}L/\lambda_p + Q_s^{-1}L/\lambda_s) \sim \\ &\sim (1/K_{\text{ПС}}) \times (-Q_p^{-1}L/\lambda_p + \\ &+ Q_s^{-1}L/\lambda_s). \end{aligned} \quad (12)$$

Воспользуемся свойством затухания сейсмических волн в высокопористых геоакустических средах, заключающимся в практическом равенстве декрементов затухания для этих волн. Данное утверждение объясняется тем, что излучение каждого элемента пористого пространства, являющегося причиной затухания, не зависит от направления движения волны. Поэтому допустимо принять $Q_p^{-1} \sim Q_s^{-1} \sim Q^{-1}$. Для подавляющего большинства горных пород, образующих нефтегазовые коллекторы, сейсмическая скорость поперечных волн вдвое ниже скорости продольных волн. Поэтому $\lambda_s \sim \lambda_p/2$. В результате выражение (12) может быть представлено в виде:

$$U_p(L)/U_s(L) \sim 2Q^{-1}L$$

$$/K_{\text{ПС}} L/\lambda_p \sim 4\pi K_{\text{ДОР}}$$

Таким образом, отношение U_p/U_s представляет собой меру декремента затухания пористой среды, а значит и меру коэффициента пористости. Однако, для того, чтобы воспользоваться этим свойством необходимо обладать информацией о коэффициенте преобразования продольной волны в поперечную $K_{\text{ПС}}$, который в общем случае зависит от типа горных пород и характеристик скважины.

Выводы.

1. Аномально высокое затухание звуковых волн в высокопористых геоакустических средах (в том числе и в нефтегазовых коллекторах) объясняется в геофизических публикациях механизмами, основанными на трении внутрипорового флюида о стенки скелета. Такому механизму противоречат экспериментальные факты, например, увеличение затухания волн при замещении внутрипоровой жидкости газом. В настоящей работе сделана попытка объяснить причину затухания сейсмических волн в высокопористой среде механизмом, заключающимся в возникновении излучения полем сил, имеющих место при волновом движении «мягких» микро-неоднородных включений.

2. Количественный анализ данного эффекта приводит к соотношению: приращение декремента затухания выражается произведением коэффициента пористости на относительную величину плотности внутрипорового флюида. Для высокопористых нефтегазовых пород-коллекторов (имеющих коэффициент пористости

$K_{\text{ПО}} \sim 0,1-0,2$) величина декремента затухания оказывается в десятки раз выше, чем в результате действия иных механизмов.

3. Закономерностями рассмотренного явления является практическая инвариантность формы микро-неоднородных включений, независимость от частоты и уровня зондирующей волны. Затухание поперечных волн практически не отличается от затухания продольных волн.

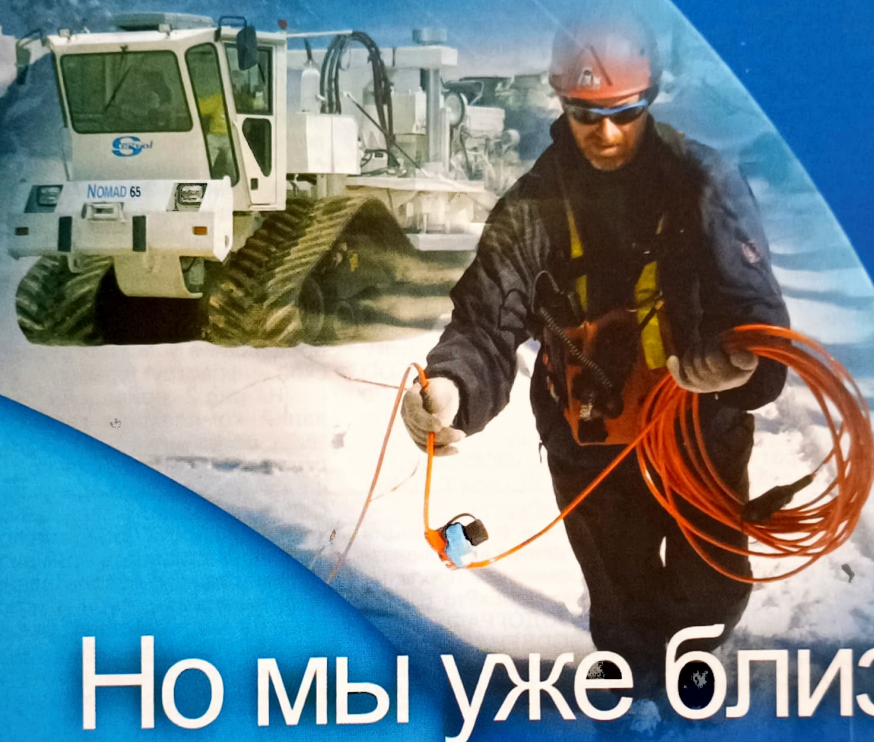
4. Основным путем измерения декремента в методе акустического каротажа является измерение ослабления амплитуды зондирующего сигнала при его распространении на пространственных интервалах от силового возбудителя волны до акустического приемника. Оптимальным условием измерения соответствует такая частота зондирующего сигнала, при которой под влиянием затухания достигается уменьшение его амплитуды, близкое по абсолютной величине к измеряемой амплитуде.

Литература.

1. Кашеваров А.А., Ельцов И.Н., Эпштейн И.И. Гидродинамическая модель формирования зоны проникновения при бурении скважин. ПМТФ. 44, 6, 148-157.
2. Ельцов И.Н., Кашеваров А.А., Решетова Г.В., Черверда В.А. Проявление неоднородностей зоны проникновения в геофизических полях вдоль ствола скважины. // Геофизика. – 2004. №6. с. 17-21.
3. Козяр В.Ф., Белоконов Д.В., Козяр Н.В., Смирнов Н.А. Акустические исследования в нефтегазовых скважинах. // НТБ «Каротажник». Тверь: ГЕРС, 1999. Вып. 63. с. 12-17.
4. Гик Л.Д. Физическое моделирование распространения сейсмических волн в пористых и трещиноватых средах. // Геология и геофизика. – 1997. т.38. – №4-с. 804-815.
5. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука. 1973. 496 с.
6. Hudson J.A. Wave speeds and attenuation of elastic waves in material containing cracks. // Geophysics, J. Roy. Astr. Soc., 1981, v. 64. p. 133-150.
7. Бакулин А.В., Молотков Л.А. Эффективные сейсмические модели трещиноватых и пористых сред. СПб., Изд-во С.-Петербургского ун-та. 1998, 141 с.
8. Чичинава Т.И., Сабинин В.И., Ронкийо-Харийо Х., Оболенцева И.Р. Метод QVOF для поиска трещиноватых коллекторов. // Геология и геофизика. – 2006. т. 47 – № 2. с.259-277.
9. Шапиро С.А., Файзуллин И.С. О затухании сейсмических волн в горных породах. Физика земли. № 9, 1986, с. 56-62.
10. Гик Л.Д. Определение коэффициента пористости в методе акустического каротажа. // Наука и технология углеводородов. 2002. №4. с.3-10.
11. Кокшаров В.З., Нефедкин Ю.А., Базелев Суздальникий Ф.М. Перспективы использования частотного акустического зондирования (ЧАЗ) для выделения газонасыщенных интервалов и изучения сложнопостроенных коллекторов месторождений. Сб. тезисов доклада «Геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения нефтяных и газовых месторождений Нижнего Приангарья». Сб. докладов Всерос. конф., Красноярск, 17-19 сентября 1996, с. 86.

428XL и сейсмические источники

Мы никогда не были на вершине Эвереста.



Но мы уже близко.

Сейсмическое оборудование и скважинные приборы компании Sercel, выдерживающие тяжелейшие условия окружающей среды, обеспечивающие при этом точные и достоверные данные, успешно работают во всем мире. На Суше, в Море, в Скважине. Любые сейсмические решения. Доступны для каждого. В любое время. В любом месте.

Сейсморегистрирующая система 428XL

- Создана для работы с очень большим числом каналов
- Совместима с сейсморегистрирующим оборудованием серии 400

Наземные вибраторы

- Высоконадежные вибраторы с высокой проходимостью (NOMAD 65 & NOMAD 90)
- Возможна поставка на колесном или гусеничном шасси.



Nantes, France
(+33) 2 40 30 11 81 · sales.nantes@sercel.com

Houston, USA
(+1) 281 492 6688 · sales.houston@sercel.com

www.sercel.com

Ahead of the CurveSM



Опыт применения геофизической аппаратуры нового поколения при инженерно-геологических изысканиях

Савельев Д.М., Горячев В.В., Бучарский Б.В. (ООО «Ингеоком» г. Саратов)

Инженерно-геофизическая компания (ООО «Ингеоком») более 5 лет выполняет комплексные геофизические исследования при инженерно-геологических изысканиях в различных районах страны. Перед геофизическими исследованиями на различных стадиях инженерных изысканий (от разработки проекта до рабочей документации) ставятся задачи детального изучения верхней части сложно построенных разрезов, выделения слабоконтрастных аномалий в наблюдаемых геофизических полях, соответствующих неоднородностям строения ВЧР.

В течение всего периода деятельности компании, техническая оснащенность ее геофизической службы всегда соответствовала техническому уровню и темпам внедрения последних разработок приборов и аппаратно-программных комплексов, предназначенных для решения задач методами инженерной геофизики.

Комплексные геофизические исследования включают методы электроразведки - ЭП (БЭП), ВЭЗ (БЭЗ), ВЭЗ-ВП, ЗСБ (МЗСБ), а также методы сейсморазведки - МПВ (КМПВ), МОГТ.

В электроразведочных методах применяется цифровая аппаратура - ERA-MAX (ООО «НПП ЭРА», г. Санкт-Петербург) с возможностью использования бесконтактных методик БЭП, БЭЗ; ЭРП (МЧП «Линия», г. Севастополь и ООО «Геоскан», г. Москва); Цикл-6, Цикл-7 (НТФ «ЭЛЬТА-ГЕО», г. Новосибирск).

В сейсморазведочных методах применяется аппаратура - «Лакколит X-M2 (ООО «ЛОГИС» г. Жуковский), SGD-SEL, SGD-SET (НПК «СибГеофизПрибор», г. Новосибирск).

Обработка, интерпретация и визуализация получаемых геофизических данных выполняются с использованием современных программных комплексов, таких как: RadExPro (DECO Geophysical, г. Москва), «ГОДОГРАФ» (МГУ, Геологический ф-тет), SGDSELVIEW (НПК «СибГеофизПрибор», г. Новосибирск), IPI-2Win (МГУ, Геологический ф-тет), ERA-MAX (ООО

«НПП ЭРА», г. Санкт-Петербург), AutoCad 2000 (Autodesk, США), Surfer 8 (Golden Software, США).

Специалисты ООО «Ингеоком» выполняют крупномасштабные комплексные геофизические исследования на стадиях Проект и Разрешения такие как: инженерно-геологические изыскания под обустройство газоконденсатных месторождений, под строительство промышленных объектов, прокладку магистральных продуктопроводов, при обследовании подводных переходов - на территории п-ова Ямал Ямало-Ненецкого автономного округа, в Республике Коми, Западной Сибири, Ставропольском крае, Саратовской области.

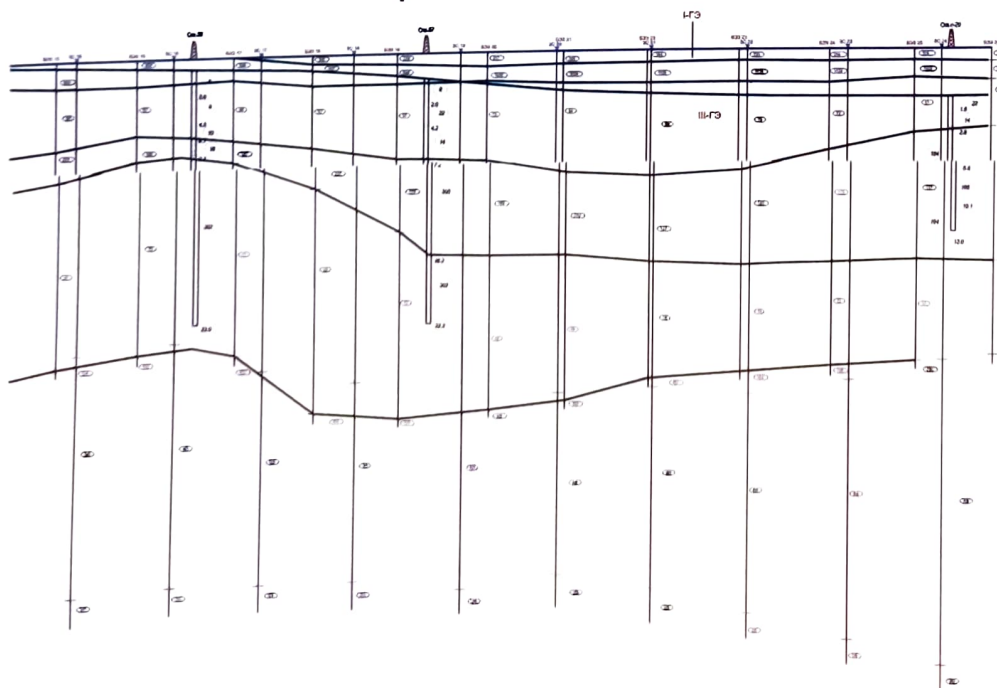
На рис.1 приведен фрагмент комплексного геолого-геофизического разреза, полученного по результатам комплекса электроразведки БЭЗ и МЗСБ и данных инженерно-геологического бурения на одном из 7 обследованных подводных переходов (через р. Уса) строящегося магистрального газопровода. Работы выполнялись в зимний период.

Детальные обследования комплексом геофизических методов проводятся для решения задач инженерной геологии на участках проектируемых и эксплуатируемых мостовых переходов автомобильных и железных дорог, на участках развития оползневых и провальных процессов в условиях сильно развитой городской инфраструктуры.

На рис.2 приведены результаты обследований комплексом геофизических методов (электроразведка БЭП, ВЭЗ, МЗСБ и сейсморазведка МПВ) провальной зоны, образовавшейся в застроенном жилом микрорайоне в г. Саратове на месте засыпанного оврага.

Мобильность, оперативность и геологическая эффективность применяемых геофизических методов с использованием современных цифровых аппаратных и программных комплексов подтверждена растущей статистикой годовых объемов работ, выполняемых компанией «Ингеоком», их результативностью и географией исследуемых объектов.

р. Уса



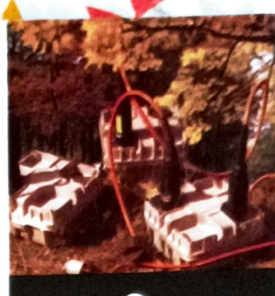
Условные обозначения:

- пикеты электроразведки
- пикеты электроразведки
- значения удельных электрических сопротивлений
- значения продольных электрических сопротивлений
- границы геоэлектрических слоев
- границы геоэлектрических слоев
- геоэлектрический слой
- временные углы и точки закрепления
- инженерно-геологические
- линия рельефа
- линия донного рельефа по данным стадии "Проект"

Инженерно-геологические элементы (МЗ)

- 1. Слой насыщенный
- 2. Слой насыщенный
- 3. Слой насыщенный
- 4. Слой насыщенный
- 5. Слой насыщенный
- 6. Слой насыщенный
- 7. Слой насыщенный
- 8. Слой насыщенный
- 9. Слой насыщенный
- 10. Слой насыщенный
- 11. Слой насыщенный
- 12. Слой насыщенный
- 13. Слой насыщенный
- 14. Слой насыщенный
- 15. Слой насыщенный
- 16. Слой насыщенный
- 17. Слой насыщенный
- 18. Слой насыщенный
- 19. Слой насыщенный
- 20. Слой насыщенный
- 21. Слой насыщенный
- 22. Слой насыщенный
- 23. Слой насыщенный
- 24. Слой насыщенный
- 25. Слой насыщенный
- 26. Слой насыщенный
- 27. Слой насыщенный
- 28. Слой насыщенный
- 29. Слой насыщенный
- 30. Слой насыщенный
- 31. Слой насыщенный
- 32. Слой насыщенный
- 33. Слой насыщенный
- 34. Слой насыщенный
- 35. Слой насыщенный
- 36. Слой насыщенный
- 37. Слой насыщенный
- 38. Слой насыщенный
- 39. Слой насыщенный
- 40. Слой насыщенный
- 41. Слой насыщенный
- 42. Слой насыщенный
- 43. Слой насыщенный
- 44. Слой насыщенный
- 45. Слой насыщенный
- 46. Слой насыщенный
- 47. Слой насыщенный
- 48. Слой насыщенный
- 49. Слой насыщенный
- 50. Слой насыщенный
- 51. Слой насыщенный
- 52. Слой насыщенный
- 53. Слой насыщенный
- 54. Слой насыщенный
- 55. Слой насыщенный
- 56. Слой насыщенный
- 57. Слой насыщенный
- 58. Слой насыщенный
- 59. Слой насыщенный
- 60. Слой насыщенный
- 61. Слой насыщенный
- 62. Слой насыщенный
- 63. Слой насыщенный
- 64. Слой насыщенный
- 65. Слой насыщенный
- 66. Слой насыщенный
- 67. Слой насыщенный
- 68. Слой насыщенный
- 69. Слой насыщенный
- 70. Слой насыщенный
- 71. Слой насыщенный
- 72. Слой насыщенный
- 73. Слой насыщенный
- 74. Слой насыщенный
- 75. Слой насыщенный
- 76. Слой насыщенный
- 77. Слой насыщенный
- 78. Слой насыщенный
- 79. Слой насыщенный
- 80. Слой насыщенный
- 81. Слой насыщенный
- 82. Слой насыщенный
- 83. Слой насыщенный
- 84. Слой насыщенный
- 85. Слой насыщенный
- 86. Слой насыщенный
- 87. Слой насыщенный
- 88. Слой насыщенный
- 89. Слой насыщенный
- 90. Слой насыщенный
- 91. Слой насыщенный
- 92. Слой насыщенный
- 93. Слой насыщенный
- 94. Слой насыщенный
- 95. Слой насыщенный
- 96. Слой насыщенный
- 97. Слой насыщенный
- 98. Слой насыщенный
- 99. Слой насыщенный
- 100. Слой насыщенный

Рисунок 1



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

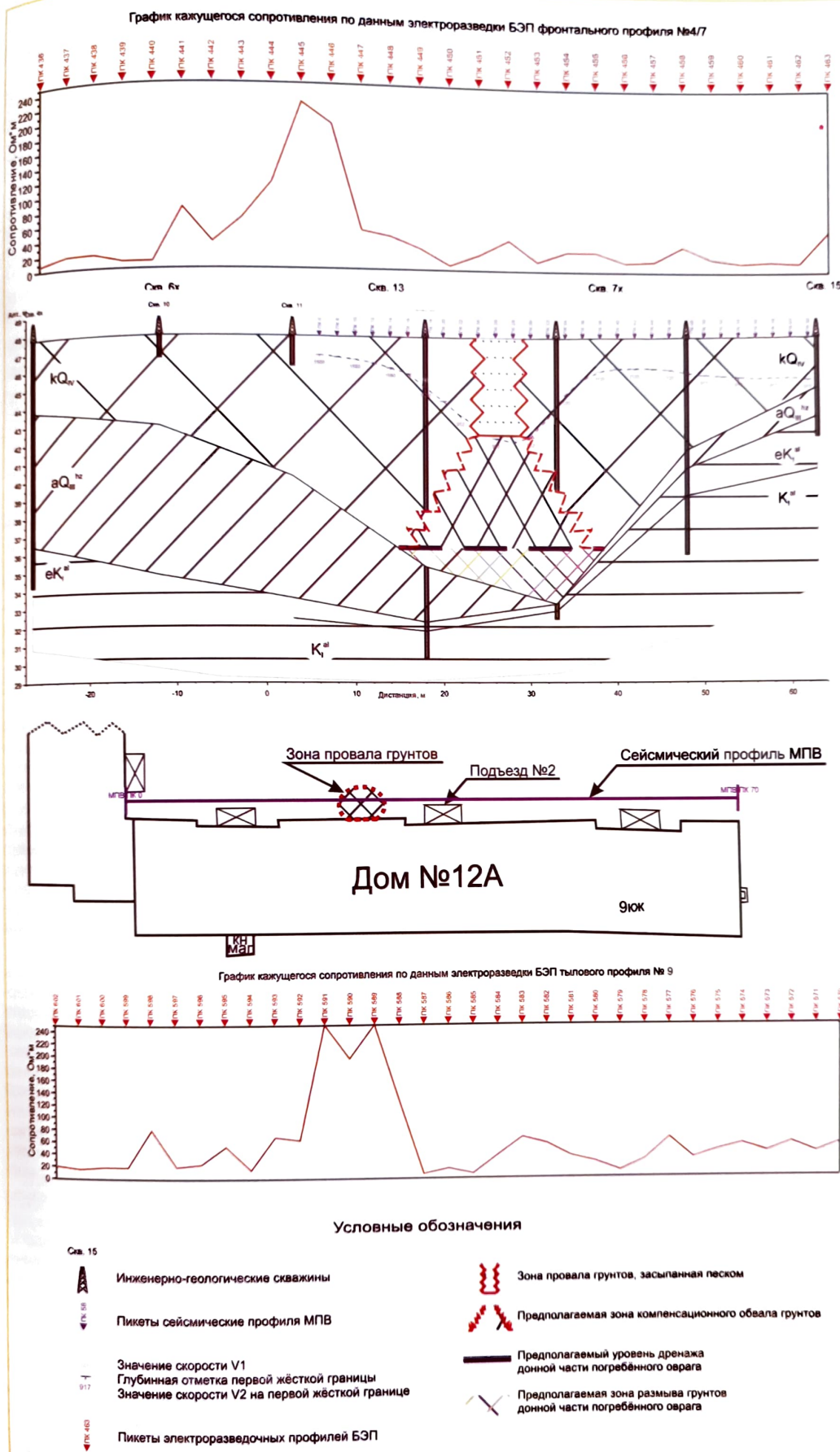


Рисунок 2

О возможности повышения сейсмической эффективности механических сейсмоисточников ударного типа

Ивашин В.В., Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

Идея возбуждения сейсмических волн путем воздействия на грунт падающей с некоторой высоты массой имеет давнюю историю. Наиболее распространенное техническое решение состоит в подъеме груза на высоту $H=2\ldots 3$ м вручную или с помощью простейшего привода. Сброшенный с этой высоты груз ускоряется в поле силы тяжести или специальным, например пневматическим, приводом и наносит удар по расположенной на грунте жесткой плите, применяемой для увеличения площади воздействия на грунт.

Заманчивость этой идеи обусловлена не только относительной простотой её технической реализации, но и возможностью обеспечения значительной энергии воздействия на плиту и грунт. Например, ударник массой всего $m=100$ кг при сбросе с высоты $H=2$ м получает кинетическую энергию $A=mgh=100\cdot 9.8\cdot 2=1960$ Дж, которая приближается к энергии воздействия на грунт электромагнитным сейсмоисточником "Енисей-100", развивающим на излучающий элемент силу 100 тонн. В то время как сбрасываемая масса в механических сейсмоисточниках иногда достигает значений 500, 1000 кг и более! По какой же причине столь мощные сейсмоисточники, с энергией движения ударника до 10 кДж и более, не нашли широкого применения в качестве импульсных источников, взамен взрывных?

Представляется, что одной из основных причин является присущая невзрывным сейсмоисточникам ударного типа несогласованность осуществляемого ими режима импульсного воздействия на излучающую плиту с параметрами грунта как акустической нагрузки и, в первую очередь, по скорости деформации грунта, соответствующей скорости V_{cm} смещения частиц грунта при распространении в нём сейсмической волны. Известно, что

$$V_{cm} = \frac{\sigma}{\rho V_p},$$

где: σ - создаваемое в грунте давление, ρ - плотность грунта, V_p - скорость продольной волны, а произведение $\rho \cdot V_p$ - волновое сопротивление.

При повышении скорости деформации грунта увеличивается создаваемое в нём давление. При превышении давлением предела прочности грунта существенно повышаются потери на деформацию грунта, он уплотняется и даже может разрушаться его структура (скелет). В публикациях по этому вопросу указывается, что скорость смещения излучающей плиты при деформации ею грунта не должна превышать примерно значения 1 м/с. Например при $\rho \approx 2000$ кг/м³, $V_p \approx 300$ м/с и $[\sigma]=5\cdot 10^5$ Па (5 кгс/см²) скорость $V_{cm} \approx 0.8$ м/с, причём значения этой скорости слабо зависят от прочности грунта. С увеличением прочности увеличиваются значения ρ и V_p , однако при этом возрастают и допустимые $[\sigma]$.

Полезно помнить, что нашедшие наиболее широкое применение при проведении сейсморазведочных работ электрогидравлические вибраторы и сейсмоисточники "Енисей" и "Геотон" создают скорости деформации грунта также не превышающие ≈ 1 м/с, т.е. обеспечивают в основном упругие деформации грунта.

Второй причиной являются значительные потери энергии ударника в месте его соударения с плитой-

излучателем при предупредной зависящей от высоты сброса H .

Масса плиты чаще всего в несколько раз превышает массу ударника, что обуславливает потерю энергии при соударении. Характеристикой потерь энергии при ударе является коэффициент восстановления R . При таком ударном взаимодействии, как описано в теории удара, послеударные скорости v_{ny} и v_0 связаны соотношением

энергия A_{ny} значительно меньше скорости удара перед ударом. Относительная потеря энергии характеризуется коэффициентом

$$v_{ny}^* = \frac{v_{ny}}{v_0} = \frac{A_{ny}}{A_0} = \frac{1}{1+b} \quad (1)$$

где b - отношение массы плиты к массе ударника. При $b=2\ldots 3$ скорость v_{ny} и энергия A_{ny} после удара снижаются в 3..4 раза из-за значительных потерь при ударном взаимодействии ударника с плитой. Снижение потерь энергии за время удара может быть достигнуто при обеспечении частично упругого характера удара с коэффициентом восстановления $0 < R < 1$, для чего между ударником и плитой необходимо поместить специальный упругий элемент, способный накапливать необходимую часть энергии ударника.

В источниках со сравнительно небольшой необходимой энергией воздействия на грунт, применяющихся при изучении зоны малых скоростей такой упругий элемент может быть выполнен, например, в виде пластины из полиуретана. В более мощных сейсмоисточниках он может быть выполнен в виде некоторого объема, заполненного жидкостью и обеспечивать при ударе необходимую объёмную податливость. В последнем случае занимаемый жидкостью объём может выполнять функцию гидроусилителя с коэффициентом усиления $k > 1$.

В предлагаемой работе приведены результаты аналитического исследования особенностей ударного процесса взаимодействия ударника сейсмоисточника с плитой-антенной через механический преобразователь (гидроусилитель) и дан предварительный прогноз перспективности применения такого решения для повышения сейсмической эффективности сейсмоисточников типа "Падающий груз". На рис. 1 приведена конструктивная схема рассматриваемого сейсмоисточника. Движущийся вниз со скоростью v_0 ударник 1 массой m_1 воздействует на лёгкий поршень 4, в результате чего в жидкости под поршнем создаётся давление $P(t)$. Занимаемый жидкостью объём гидроусилителя ограничивается площадью S_1 поршня, расширяющейся вниз поверхностью корпуса 2 массой m_2 и мембраной 5 с площадью S_3 , обеспечивающей герметичность объема, занимаемого жидкостью. Корпус 2 с мембраной опирается на плиту-антенну 3 массой m_3 . Элементы ξ_3 и R_3 отражают податливость грунта и сопротивление грунта при его деформации плитой. Коэффициент усиления K преобразователя определяется отношением площади S_3 к площади S_1 . При создании в жидкости давления $P(t)$ со стороны жидкости на поршень действует сила P_1 , на плиту 3 через мембрану - сила P_3 , а на корпус - сила P_2 , соотношение между которыми

где $a = m_2/m_1$, $b = m_3/m_1$.
Искомые выражения для послеударных скоростей находятся из (5) с учётом (4)

$$v_1 = v_0 \left[1 - (1 + R)m^* \right],$$

$$v_2 = v_0 \frac{(K-1)(1+R)}{a} m^*, \quad (5)$$

$$v_3 = v_0 \frac{K(1+R)}{b} m^*,$$

где m^* - относительное значение эквивалентной массы рассматриваемой ударной системы

$$m^* = \frac{1}{1 + \frac{(K-1)^2}{a} + \frac{K^2}{b}}. \quad (6)$$

Введение понятия m^* позволило получить решение в наиболее простом виде и проводить исследование ударного процесса при относительных значениях скоростей

$$v_1^* = \frac{v_1}{v_0}, \quad v_2^* = \frac{v_2}{v_0}, \quad v_3^* = \frac{v_3}{v_0}.$$

Следует отметить, что при $K=1$ скорость $v_2=0$ и соотношения (5) вырождаются в известные формулы, соответствующие удару двух масс m_1 и m_3 , применимые для анализа динамики работы сейсмоисточника ударного типа традиционного исполнения (без механического преобразователя)

$$v_{1(K=1)} = v_0 [1 - (1 + R)m_{(K=1)}^*],$$

$$v_{3(K=1)} = v_0 \frac{1+R}{b} m_{(K=1)}^*, \quad (7)$$

$$m_{(K=1)}^* = \frac{b}{1+b}.$$

Воздействие плиты на грунт определяется её послеударной скоростью v_3 и энергией A_3 , полученной от ударника и определяющей к.п.д. передачи энергии от ударника

$$\eta = \frac{A_3}{A_0} = \frac{m_3 v_3^2}{m_1 v_0^2} = b v_3^{*2} =$$

$$= \frac{K^2 (1+R)^2}{b \left[1 + \frac{(K-1)^2}{a} + \frac{K^2}{b} \right]}. \quad (8)$$

Максимум зависимости $\eta(K)$ обеспечивается при условии

$$K_{opt} = \sqrt{\frac{(a-1)b}{a+b}}, \quad (9)$$

которое не зависит от R .

С увеличением R от $R=0$ (неупругий удар) до $R=1$ (абсолютно упругий удар) к.п.д. η передачи энергии увеличивается в 4 раза! Из чего следует, что одной из основных технических задач создания сейсмоисточника является обеспечение возмозно более высокого значения коэффициента R .

Необходимо отметить, что полученные аналитические зависимости не учитывают влияние реологических свойств грунта на процесс удара: перемещение плиты за время нарастания её скорости предполагается незначительным в том смысле, что влиянием силы реакции грунта на скорость v_3 в

ми определяется коэффициентом K
 $P_2 = P_1(K-1)$, $P_3 = P_1 K$, (2)
где $P_1 = P(t)S_1$.

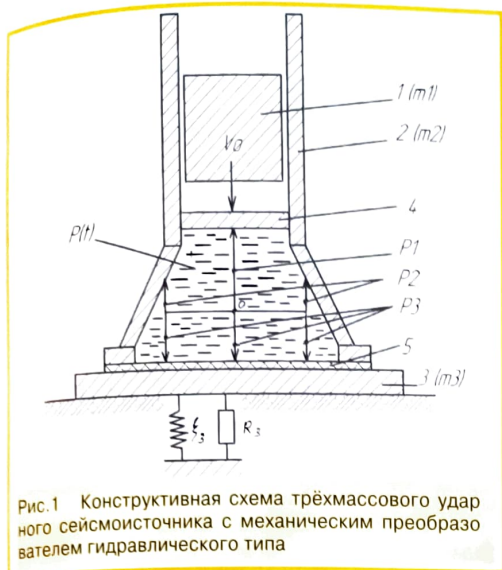


Рис.1 Конструктивная схема трёхмассового ударного сейсмоисточника с механическим преобразователем гидравлического типа

Под действием силы P_1 скорость v_0 ударника за время удара t_y снижается до некоторого значения v_1 , плита 3 силой P_3 ускоряется вниз до скорости v_3 , а корпус 2 ускоряется вверх силой P_2 до скорости v_2 . Особенность протекания ударного процесса определяется податливостью ξ занимаемого жидкостью объёма, сжимающегося во время ударного процесса, массами m_1 , m_2 и m_3 и коэффициентами усиления усилителя K и восстановления R гидроусилителя.

Решение задачи динамики удара при рассматриваемой конструктивной схеме сводится к определению послеударных скоростей v_1 , v_2 и v_3 . Это решение может быть получено с использованием теоремы потеранных скоростей Карно-Остроградского для случая удара трёх масс.

$$A_1 - A = \frac{1-R}{1+R} [m_1 (v_0 - v_1)^2 + m_2 v_2^2 + m_3 v_3^2]$$

Здесь A_1 - кинетическая энергия ударника перед ударом, A - кинетическая энергия масс m_1 , m_2 и m_3 после удара. Следовательно,

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} - \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_3 v_3^2}{2} = \frac{1-R}{1+R} [m_1 (v_0 - v_1)^2 + m_2 v_2^2 + m_3 v_3^2] \quad (3)$$

Поскольку изменение скоростей масс за время t_y удара определяется приложенными к ним импульсами сил, то можно, записать, что

$$P_1 t_C = m_1 (v_0 - v_1),$$

$$P_2 t_C = P_1 (K-1) t_C = m_2 v_2,$$

$$P_3 t_C = P_1 K t_C = m_3 v_3$$

Из отношений импульсов сил можно определить связи между скоростью v_0 и скоростями v_1 , v_2 и v_3 с учётом коэффициента усиления K

$$v_2 = (K-1) \frac{v_0 - v_1}{a},$$

$$v_3 = K \frac{v_0 - v_1}{b}, \quad (4)$$



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

силу малости можно пренебречь.

Полученные зависимости полезны для оценки влияния различных параметров сейсмоисточника на динамику его работы и выбора их относительных значений. Изменение скоростей движения масс в реальном сейсмоисточнике может быть определено численным анализом уравнений движения, составленных с учётом реальных параметров, отражающих упругие и диссипативные характеристики грунта (см. рис.1) при его импульсном нагружении сейсмоисточником. При этом может быть применён метод электромеханических аналогий.

Выбор массы m_1 ударника определяется в основном необходимой энергией воздействия на грунт. На выбор же массы m_2 и коэффициента усиления K механического преобразователя существенное влияние оказывают и другие требования: вес сейсмоисточника, условия его эксплуатации и т.д.

Масса m_2 в общем случае включает не только массу корпуса 2 (см. рис.1), но и дополнительную массу $m_{доп}$, которая может быть помещена на корпусе. Применение $m_{доп}$ (массы "пригруза") увеличивает вес сейсмоисточника.

На рис.2 приведено изменение основных характеристик при увеличении характеризующего массу m_2 параметра a (от $a=0$ (удар при $K=1$) до $a=7$ для случая массы плиты $b=3$) и коэффициента $R=0.7$, значения которых представляются рациональными. Из рис.2 следует, что при увеличении параметра a скорость v_3^* и энергия A_3^* несколько увеличиваются, причём нелинейно. Послеударные значения v_1^* и A_1^* изменяются незначительно при широком изменении параметра a . Рациональным значением является условие $a \approx 2.3$, при котором обеспечивается уменьшение скорости v_3^* воздействия на грунт примерно в два раза (!) при к.п.д. η передачи энергии ударника в движение плиты на хорошем уровне: ($\eta \approx 0.6$).

На рис.3 приведено изменение скорости v_3^* плиты при вариации коэффициента K при условии $b=3$ и $a=3$. Из него следует, что значение K может выбираться существенно больше его

оптимального значения $K_{опт}$ без существенного снижения скорости v_3^* и, следовательно, эффективности воздействия на грунт, что важно при проектировании механического преобразователя.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. В сейсмоисточниках ударного типа "груз" необходимая энергия воздействия на грунт выделяется элементом сейсмоисточника, являющимся наиболее простым конструктивным решением. Основной технической проблемой является повышение коэффициента передачи энергии в энергию упругих деформаций грунта.

2. В известных конструктивных решениях применялись технические решения, основанные на неупругом ударе ударника об упругую плиту, при котором большая часть энергии ударника диссипирует в тепловую в материале плиты, а не передается в упругие деформации грунта.

3. Применение в сейсмоисточниках упругих элементов обеспечивает уменьшение энергии ударника и снижение скорости деформации грунта, что должно приводить к согласованию режима воздействия с его реологическими характеристиками.

4. Важным результатом является решение задачи ударного взаимодействия (на основе гипотезы Ньютона) трёх масс для случая, учитывающего особенности ударного процесса. Механический преобразователь, построенный на основе полученных аналитических выражений позволяет выбирать оптимальные параметры конструктивной схемы сейсмоисточника.

5. Для создания методики проектирования механических сейсмоисточников ударного типа с повышенными техническими характеристиками необходимо проведение исследований экспериментальных образцов (физических моделей) сейсмоисточников с целью определения влияния реологических свойств грунта на преобразование энергии ударника в энергию упругих деформаций грунта и обоснования выбора рациональных значений относительных параметров сейсмоисточника (a, b, K, R и т.д.), при которых обеспечивается наиболее эффективное возбуждение сейсмических волн в необходимом частотном диапазоне.

6. Известные сейсмоисточники ударного типа могут обеспечивать режимы работы с накоплением сейсмической информации. Однако при решении задачи адаптивного управления процессом ускорения ударника представляется возможным обеспечение синхронной работы нескольких сейсмоисточников ударного типа, что существенно расширяет возможности их применения.

*статья публикуется в порядке дискуссии

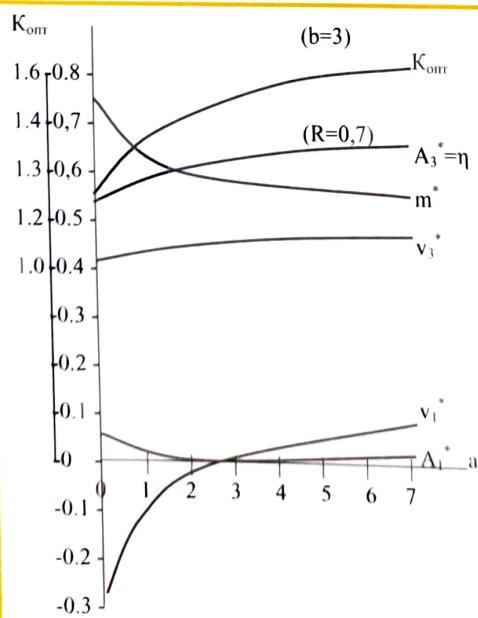


Рис. 2 - Влияние параметра a на основные характеристики удара

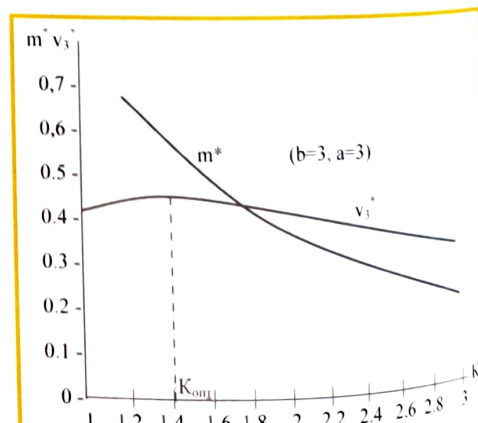


Рис. 3 - Изменение m^* и v_3^* в зависимости от K

Практика сертификации программ обработки и интерпретации результатов геофизических исследований

Блюменцев А.М., Цирульников В.П., ГНЦ ВНИИгеосистем, г. Москва,
Симаков В.С., ГФУП «ВНИИГеофизика», ЕАГО, г.Москва

Добровольная Система сертификации геофизической продукции – ССГП (в дальнейшем Система) действует с 31 мая 1994 года и является одним из основных и востребованных видов деятельности Евро-Азиатского геофизического общества (ЕАГО). Перечень видов геофизической продукции, подлежащих сертификации, был определен при создании Системы стандартов ЕАГО и напрямую не включал программы обработки и интерпретации информации, получаемой при выполнении геофизических исследований. Между тем, международный стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» прямо устанавливает, что программные средства являются одной из категорий продукции.

ССГП и по сей день остается единственной в России системой сертификации, действие которой распространяется на геофизическую продукцию. Поэтому, когда возникла потребность в сертификации программных продуктов, предназначенных для обработки геофизических данных, в Центральный орган Системы начали поступать заявки на выполнение данной работы. Основная сложность состояла в том, что нормативной базы для сертификации данного вида продукции в тот момент не существовало.

Учитывая важность данного направления работ и, как оказалось впоследствии, устойчивый характер их востребованности, в 2004 г. на базе ГОСТ 28195-89 «Оценка качества программных средств» был разработан стандарт ЕАГО (СТО ЕАГО 088-01 «Система сертификации геофизической продукции. Сертификация программных продуктов. Общие требования»).

Основной целью оценки программных пакетов и систем обработки и интерпретации геофизических данных является установление их соответствия декларируемым геолого-геофизическим задачам и эффективности решения этих задач. Результаты оценки геофизических программных продуктов должны способствовать ориентированию заказчиков и производителей геофизических работ при выборе средств изучения строения земных недр, поиска и разведки полезных ископаемых, а также популяризации новых наукоемких геофизических технологий.

Оценка соответствия геофизических программных продуктов включает выбор номенклатуры показателей, определение значений этих показателей и сравнение их с декларируемыми (базовыми) значениями. В связи с большим разнообразием математического обеспечения геофизических работ и очень широким кругом решаемых с его помощью задач, в каждом конкретном случае в перечень показателей могут быть включены дополнительные пункты, учитывающие специфику данного программного продукта.

Оценка соответствия геофизических программных продуктов проводится на добро-

вольной основе как по заявлению разработчика, так и пользователей. Пользователи на основе результатов оценки могут принимать решение о целесообразности использования данных пакетов и систем.

Основным методом оценки качества геофизических программных продуктов является экспертный метод. Группа экспертов формируется Центральным сертификационным органом Системы сертификации геофизической продукции. В ее состав включают компетентных экспертов, имеющих опыт и знания в области использования оцениваемых программ.

В стандарте ЕАГО установлен перечень показателей, который можно использовать для оценки программных пакетов и систем обработки и интерпретации геофизических данных.

Соответствие назначению – оценивается качественно, рассмотрением состава решаемых геолого-геофизических задач. В рамках этого показателя, кроме качественной, возможно применение количественных оценок, в том числе: путем испытаний программ на тестовых сигналах, по материалам математического моделирования или по результатам экспериментальной проверки на изученных геологических объектах. В данном случае могут быть получены оценки погрешностей определения параметров геологической среды, полученных с помощью испытуемой программы.

Эффективность – оценивается с учетом конкретных примеров использования программного продукта и наличия подтверждения достоверности полученных результатов при решении разных задач в регионах с различными геолого-геофизическими условиями.

Новизна – оценивается с учетом отличий испытуемой программы от прототипов или конкурирующих программ, возможности решения принципиально новых геолого-геофизических задач или получения более надежных результатов по сравнению с общепринятыми (стандартными, известными).

Востребованность – оценивается на основании перечня геолого-геофизических задач, при решении которых используется данный программный продукт, с учетом числа контрактов (договоров), при выполнении которых использовался программный продукт, возможности продажи или передачи программного продукта другим пользователям и трудозатрат по его освоению.

Надежность – оценивается на основании анализа устойчивости функционирования, способности продолжать работу после возникновения отклонений, вызванных сбоями технических средств, ошибками обслуживания и т.п.

Конструктивные показатели характеризуются: модульной и блочной структурой пакета программ; гибкостью, т.е. возможностью использования программ при измене-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ СЕРТИФИКАЦИЯ





нии условий, начальных или исходных данных; модифицируемостью, т. е. обеспечением простоты внесения необходимых в процессе эксплуатации изменений и доработок.

Показатели удобства применения, оцениваемые с учетом: степени легкости освоения программного продукта; наличия, полноты и доступности изложения пользовательской документации; удобства ввода исходных данных; наличия «меню» и возможности получения подсказок с помощью функций «help»; наличия и наглядности средств визуализации результатов работы программ.

Показатели вычислительной техники, включающие: требования к ЭВМ, используемым для работы с программным продуктом; минимально допустимые объемы оперативной и дисковой памяти; форматы записи входной и выходной информации.

Как отмечалось выше, сертификация программных продуктов занимает сегодня заметное место в общем объеме работ ЕАГО по сертификации. За последние 3 года (2006-2008 гг.) была проведена сертификация 12 программных продуктов, а всего сертифицировано 26 программных продуктов. Назовем некоторых заказчиков сертификации и представленные ими программы.

Следует сказать, что экспертный метод, использующий преимущественно качественные показатели программ, в ряде случаев может оказаться недостаточным при их сертификации. Объектом оценки должно быть и метрологическое обеспечение алгоритмов и программ обработки и интерпретации геофизических данных. Основной задачей в данном случае, как и в классической метрологии, является оценка погрешностей алгоритмов и программ.

В настоящее время можно наметить только пути решения данной проблемы. В частности, целесообразно использовать тестовые сигналы, имитирующие пространственное распределение геологических структур (тел). Правда, формирование подобного тестового сигнала – это тоже программа и она, в свою очередь, тоже должна быть аттестована.

Для испытаний алго-

ритмов и программ можно также использовать исследования на хорошо разведанных геологических структурах, иными словами, на полигонах. Вероятно, такие полигоны различаются по задаваемому диапазону точечных структур типа диапиров, от разрывных нарушений горных пород и наклонных пластов, от двумерных и трехмерных антиклиналей (синклиналей). Однако сейчас нет даже сведений о создании подобных полигонов и тем более о том, как их использования для аттестации (сертификации) средств обработки и интерпретации.

В заключение нужно отметить, что сама оценка соответствия программных продуктов – это проблема, в том числе заказчиков и поставщиков программных продуктов, и без их участия она не может быть решена.

Организация (предприятие)	Наименование программы
1 Российский государственный геологоразведочный университет.	- Компьютерная технология сейсмического и спектрально-корреляционного анализа данных «Коскад 3D»
2 ООО «Информационный центр ГНЦ РФ ВНИИГЕОСИСТЕМ»,	- Программный комплекс ГИС ВНИИГЕОСИСТЕМ
3 ГРУП «ВНИИГеофизика»	- Комплекс программ экспертной обработки сейсмических данных с элементами искусственного интеллекта – «OKSeis» - Пакет программ «Универсальная система супер-вайзера SOKS-VISTA»
4 ООО Предприятие «ФХС-ПНГ»	- Модульная система обработки и интерпретации данных геофизических исследований скважин (Со-ната); - Программа сжатия полного волнового пакета акустического каротажа; - Программа для ЭВМ «Соната-ЭМДСТ»
5 ООО «Геофизическое партнерство»	Интегрирующая система «Пласт-Скважина-Месторождение (ПСМ) для целей проектных работ, поиска, разведки, исследования, оценки эксплуатационных свойств и разработки залежей и месторождений полезных ископаемых
6 ЗАО Научно-производственный центр «ГеоСейсКонтроль»	- Пакет программ Field Navigator («FN»), предназначенный к применению при проведении методико-технологического контроля полевых сейсморазведочных работ, экспресс-обработки сейсмических материалов 2D/3D, получения временных разрезов; - Пакет программ Field Navigator EXPERT («FNE»), предназначенный к применению при проведении методико-технологического контроля полевых сейсморазведочных работ, экспресс-обработки сейсмических материалов 2D/3D, получения временных разрезов; - Программа «Seismic Source Tester» в составе программно-аппаратурно-методического комплекса, предназначенного для получения информации об источниках сейсмических сигналов.



World Leader in Magnetotellurics PHOENIX GEOPHYSICS



- Многофункциональная и специализированная электроразведочная аппаратура для всех наземных EM методов. Высокоточная GPS синхронизация всех приборов.
- Датчики, приёмники, генераторы, мониторинговые системы, вспомогательное оборудование.
- Для проведения съёмок и поисков:

нефти и газа
рудных и нерудных месторождений
алмазов
термальных вод
подземных вод
инженерно-геологических
экологических
мониторинга
региональных съёмок
изучения земной коры и мантии



Toronto

тел: +1 416 491-7340 факс: +1 416 491-7378 mail@phoenix-geophysics.com www.phoenix-geophysics.com

Аппаратура Phoenix Geophysics РАБОТАЕТ В 75 СТРАНАХ

- На всех континентах
- Во всех климатических условиях
- В широком диапазоне температур

Многофункциональные генераторы



TXU-30



T-4



T-3



Набор батарей

Многофункциональные приёмники



V8
RXU

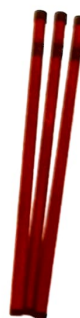


Приборы MTU

MTU-2E
MTU-5
MTU-5A



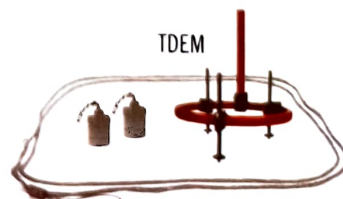
Датчики



MTC-50
MT



MTC-30
AMT

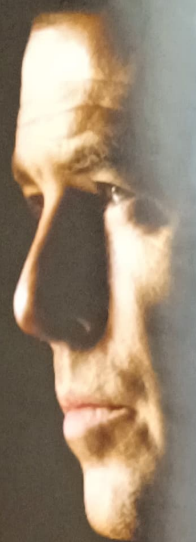


TDEM

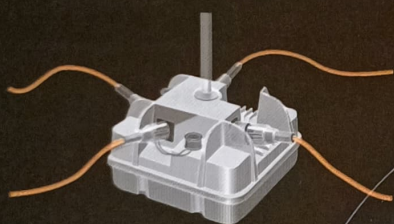
Неполяризующие электроды

Системы в полном комплекте для поисков, разведки, мониторинга и научных исследований

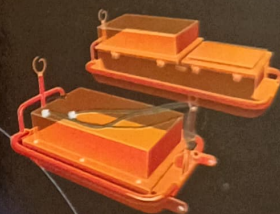
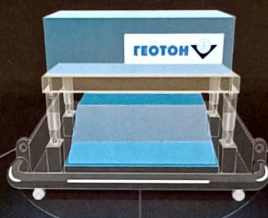
ГРУППА КОМПАНИЙ «ГЕОСЕЙС» ПРЕДСТАВЛЯЕТ:



Настоящий сейсмо- РАЗВЕДЧИК должен быть СНАРЯЖЕН И ОСНАЩЕН



Аренда геофизического оборудования:
импульсные и вибрационные источники сейсмических
сигналов, сейсмостанции с наземной телеметрией,
сейсмоприемники.



Разработка и производство импульсных источников
сейсмических сигналов «Геотон» и «Геотон-6».
Гарантийное и сервисное обслуживание,
поставка запчастей.



Обучение обслуживающего персонала,
содействие по внедрению геофизического оборудования.



ШТАБ ОПЕРАТИВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ

ТЕЛ./ФАКС:
МОСКВА: (495) 694-1907
(495) 694-1997 / (495) 737-9285
ТЮМЕНЬ: (3452) 48-33-72
FAX: +371 678-8087

E-MAIL:
GEOSEIS@COL.RU
GEOTON@GEOTON.RU
GEOSEIS@GEOSEIS.LV

HTTP:
WWW.GEOTON.RU
WWW.GEOSEIS.INFO
WWW.GEOSEIS.LV